


В ПОМОЩЬ ПЕРВИЧНЫМ
И УЧЕБНЫМ ОРГАНИЗАЦИЯМ ДОСААФ

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МАЛОГАБАРИТНЫЙ ЭКЗАМЕНАТОР

**Ю. Танжин,**
**г. Новокузнецк Кемеровской обл.**

Большинство известных экзаменаторов работают по принципу выбора экзаменуемым одного правильного ответа из нескольких предлагаемых. Для многих учащихся этот выбор не составляет большого труда, особенно для тех, кто обладает хорошей зрительной памятью. Если экзаменуемый забыл правильный ответ на данный вопрос, то, увидев его, легко может вспомнить. Таким образом, экзаменаторы с выборочным ответом вернее было бы называть репетиторами.

К экзаменатору же должны предъявляться следующие требования: отсутствие косвенной подсказки (экзаменуемый получает только вопросы без каких-либо наводящих ответов); ввод ответов в экзаменатор не кодированный, а более привычный для учащегося—десятичный; выдача оценки

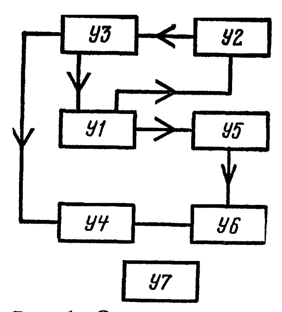



Рис. 1. Структурная схема экзаменатора: *У1* — датчик импульсов, *У2* — счетчик числа операций, *У3* — электронное реле, *У4* — узел оценки ответов, *У5* — коммутирующее устройство, *У6* — счетчик правильных ответов, *У7* — блок питания

после полного ответа на все вопросы; исключение возможности случайного набора оценки при незнании правильных ответов; простота использования как при составлении и вводе задания, так и при ответе на него; долговечность и надежность в работе.

Именно таким требованиям отвечает описываемый экзаменатор. Вместе с этим оказалось возможным использовать экзаменатор и как репетитор, если на поставленный вопрос составить несколько ответов (среди них один правильный) и закодировать их определенным образом. Возможен также вынос индикатора оценки и кнопки «*Сброс*» от нескольких подобных экзаменаторов на стол преподавателя. Планка с индексами ответов сделана съемной. Это позволяет обозначать кнопки не только цифрами, но также буквами или математическими символами, расширяя тем самым диапазон ответов по различным разделам математики, физики. Например, на вопрос: «Чему равна длина окружности?» возможен ввод ответа: «$2\pi R$», если кнопки ответа будут среди прочих иметь символы «2», «π», «$R$».

Структурная схема экзаменатора изображена на рис. 1. Работу устройства рассмотрим на примере. Допустим, что ответом на первый вопрос является число 25 и десять кнопок ответа пронумерованы по порядку: «*1*», «*2*», «*3*», «*4*», «*5*», «*6*», «*7*», «*8*», «*9*», «*0*». При нажатии любой кнопки включается датчик импульсов *У1*. Импульс с датчика поступает одновременно на счетчик *У2* числа операций и коммутирующее устройство *У5*. Если была нажата кнопка с индексом «*2*», что соответствует правильному началу ответа, коммутатор *У5* пропустит импульс на соответствующую ячейку счетчика *У6* правильных ответов. Если же будет нажата любая другая кнопка, то узел *У2* зафиксирует одно нажатие (одну операцию), но на узел *У6* импульс не поступит.

Затем для правильного ответа нужно нажать кнопку

с индексом «*5*». Узел *У1* при этом выдаст импульс, который будет зафиксирован узлом *У2* и одновременно через коммутатор *У5* поступит на соответствующую ячейку узла *У6*. Таким же образом вводится ответ и на остальные четыре вопроса.

Весь ответ в описываемом экзаменаторе состоит из 10 операций. После десяти нажатий на кнопки ответов счетчик операций *У2* вырабатывает импульс, поступающий на электронное реле *У3*. Реле *У3* прекращает дальнейшую работу узла *У1* и включает узел оценки *У4*. Оценка фиксируется стрелочным индикатором, показания которого зависят от числа правильных ответов.

В исходное состояние экзаменатор возвращают нажатием кнопки «*Сброс*».

Принципиальная схема экзаменатора показана на рис. 2.

Датчик импульсов *У1* собран на транзисторе *Т5*, который работает в ключевом режиме. При нажатии одной из кнопок *Кн2* — *Кн11* на базу этого транзистора через конденсатор *С4* поступает отрицательный перепад напряжения и транзистор открывается. Этой же кнопкой конденсатор *С5* подключается к соответствующей этой кнопке шине коммутатора *У5*. С коллектора транзистора *Т5* импульс напряжения поступает на счетчик числа операций *У2*, а с конденсатора *С5* снимается импульс, поступающий на ячейки счетчика правильных ответов *У6*.

Счетчик числа операций *У2* состоит из триггерного десятичного счетчика, собранного на транзисторах *Т6*, *Т7*, и логического узла «*И*» на диодах *Д14* и *Д15*. После поступления десятого импульса левые по схеме транзисторы триггеров *У2-2* и *У2-4* одновременно закрываются и с выхода узла «*И*» отрицательный импульс поступает на электронное реле *У3*. (На рис. 2 полностью показана схема лишь одного триггера *У2-1*.) Таким образом, число нажатий на кнопки ответа ограничивается десятью, что исключает возможность подбора ответа. Число нажатий может быть увеличено до шестнадцати для того, чтобы дать возможность исправить ответ при нечаянной ошибке.

Электронное реле *У3* представляет собой триггер, собранный на транзисторах *Т2* и *Т3*, в коллекторы которых включены лампы *Л1* и *Л2*, сигнализирующие о состоянии транзисторов реле. При нажатии на кнопку *Кн1* «*Сброс*» транзистор *Т3* закрывается, а *Т2* открывается, при этом светится лампа *Л1* «*Готов к работе*». В этом состоянии реле

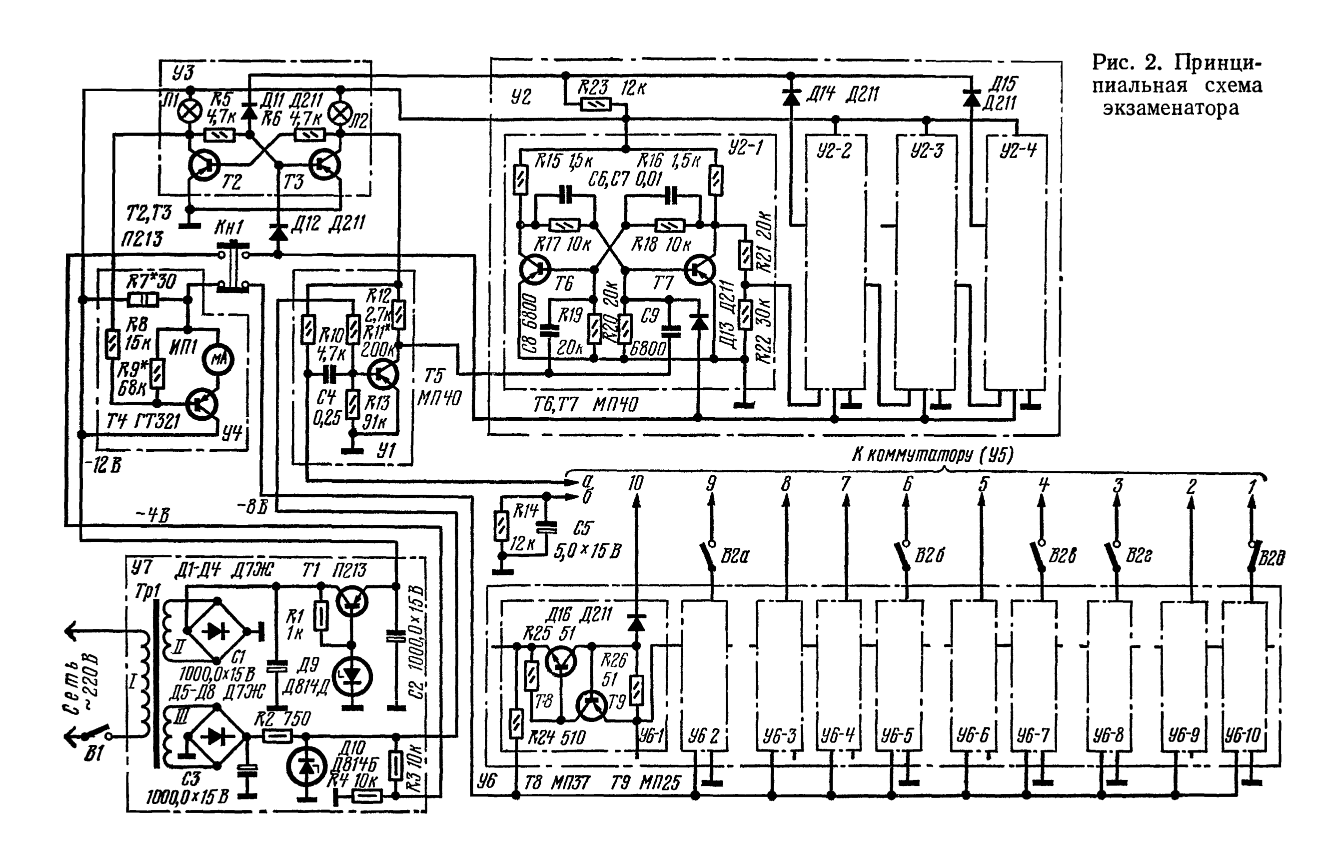



Рис. 2. Принципиальная схема экзаменатора

напряжение на коллекторе транзистора *Т3* используется для питания транзистора *Т5*. Как только на электронное реле поступает отрицательный импульс с узла «*И*», транзистор *Т3* открывается, а *Т2* закрывается. Лампа *Л2* зажигается, обозначая сигнал «*Конец ответа*». Напряжение на коллекторе открытого транзистора *Т3* уменьшается,

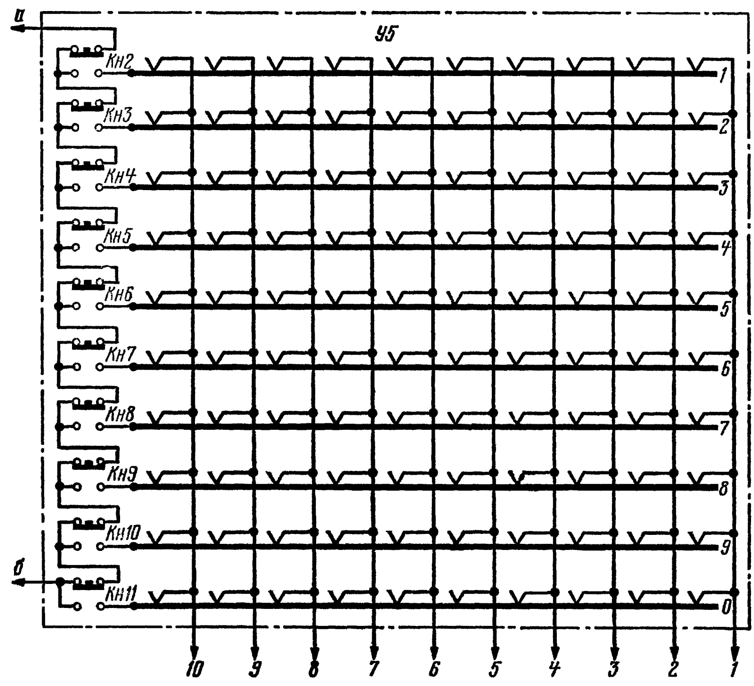



Рис. 3. Схема коммутирующего устройства (*У5*)

и датчик импульсов отключается. На коллекторе транзистора *Т2* появляется напряжение, включающее узел *У4* оценки ответа.

Узел оценки ответа *У4* собран на транзисторе *Т4*, в эмиттер которого включен миллиамперметр *ИП1*. Резистор *R7* включен в цепь питания счетчика правильных ответов *У6*, и поэтому ток, протекающий по этому резистору, зависит от числа открытых ячеек счетчика. В исходном состоянии транзистор *Т4* закрыт, и весь ток течет через резистор *R7*. После окончания ответа с электронного реле на базу транзистора *Т4* поступает отрицательное напряжение, он

открывается, и часть тока, питающего узел *У6*, ответвляется через цепь *Т4—ИП1*. Шкала миллиамперметра *ИП1* разбита на десять делений по числу ячеек счетчика правильных ответов *У6*. Стрелка прибора отклонится на столько делений, сколько ячеек счетчика открыто, что будет соответствовать числу правильных ответов.

Коммутирующее устройство *У5* (рис. 3) предназначено для кодирования правильных ответов. Это достигнуто определенной коммутацией десяти кнопок ответов *Кн2* — *Кн11* и десяти ячеек счетчика. Собственно коммутатор состоит из десяти общих шин и десяти групп контактов

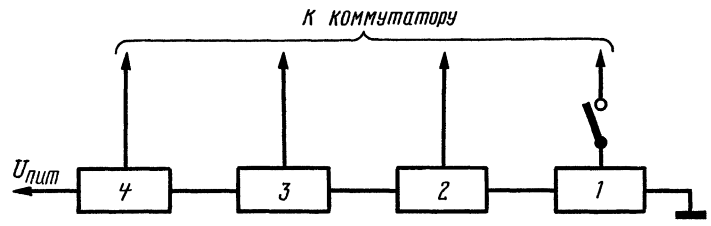


Рис. 4. К объяснению работы узла *У6*

(по десять контактов в каждой). Необходимую коммутацию производят с помощью перфокарты, в которой пробито десять отверстий, расположенных в соответствии с правильными ответами на вопросы.

Счетчик правильных ответов *У6* состоит из десяти одинаковых транзисторных ячеек *У6-1* — *У6-10*. Каждая ячейка собрана по схеме транзисторного (*Т8*, *Т9*) эквивалента тиристора. В исходном состоянии все ячейки закрыты. При поступлении на вход ячейки импульса напряжения с конденсатора *С5* через коммутирующее устройство *У5* транзисторы ячейки открываются и остаются в таком положении до конца набора ответа. В исходное состояние они переводятся нажатием на кнопку *Кн1* «*Сброс*», при этом кратковременно отключается питание узла *У6*.

Ячейки сгруппированы соответственно числу знаков ответа и соединены между собой в требуемой последовательности. Например, в случае четырехзначного ответа нужно будет соединить последовательно четыре ячейки, как это показано на рис. 4. Ячейка *2* откроется только после того как будет открыта ячейка *1*, а ячейка *4* может открыться, если уже открыты первые три ячейки. Ячейку, являющуюся для того или иного ответа первой, соединяют

с коммутатором переключателем *В1*. Счетчик можно упростить, собрав каждую ячейку на маломощном тиристоре (например, КУ101А).

Блок питания включает в себя трансформатор *Тр1*, два мостовых выпрямителя на диодах *Д1 — Д4* и *Д5 — Д8* и два параметрических стабилизатора. Один из них собран на транзисторе *Т1* и стабилитроне *Д9* и обеспечивает на выходе напряжение 12 В. С выхода второго, выполненного на стабилитроне *Д10*, снимают напряжения 8 и 4 В (с делителя на резисторах *R3* и *R4*).

Все детали экзаменатора размещены на трех монтажных платах из фольгированного стеклотекстолита. На одной из них (рис. 5, *а*) собраны оба счетчика, на другой (рис. 5, *б*) — электронное реле, узел оценки и датчик импульсов, на третьей (рис. 5, *в*) — блок питания. Транзистор *Т1* установлен на теплоотвод, изготовленный из листового дюралюминия толщиной 3 мм. Расположение деталей и плат в корпусе экзаменатора показано на рис. 6.

На лицевой панели корпуса установлены миллиамперметр *ИП1*, кнопки ответа *Кн2 — Кн11*, кнопка *Кн1 «Сброс»*, переключатель *В2* номера вопроса, коммутатор и лампы *Л1* и *Л2*.

Коммутатор состоит из двух плат — верхней, откидывающейся, и нижней, прикрепленной к корпусу прибора. Верхняя плата представляет собой пластину из фольгированного стеклотекстолита, на которой методом травления (или иным методом) формируют десять параллельных проводящих дорожек на всю длину платы. Для улучшения контакта дорожки желательно серебрить. Дорожки соединяют с контактами кнопок гибкими проводниками. На нижней плате, изготовленной из стеклотекстолита или гетинакса, установлены пружинящие латунные пластинки, на конце каждой из которых укреплено (приклепано или припаяно) по латунному штырьку. Штырьки должны быть расположены десятью рядами по десять штук в каждом. При наложении верхней платы на нижнюю штырьки должны расположиться под углом около 90° к поверхности дорожек верхней платы. Штырьки электрически соединяют рядами в соответствии со схемой (см. рис. 3).

Перфокарту закладывают между платами и прижимают верхней платой, при этом соответствующие штырьки должны образовать электрический контакт с дорожками верхней платы через отверстия в перфокарте. Верхнюю плату

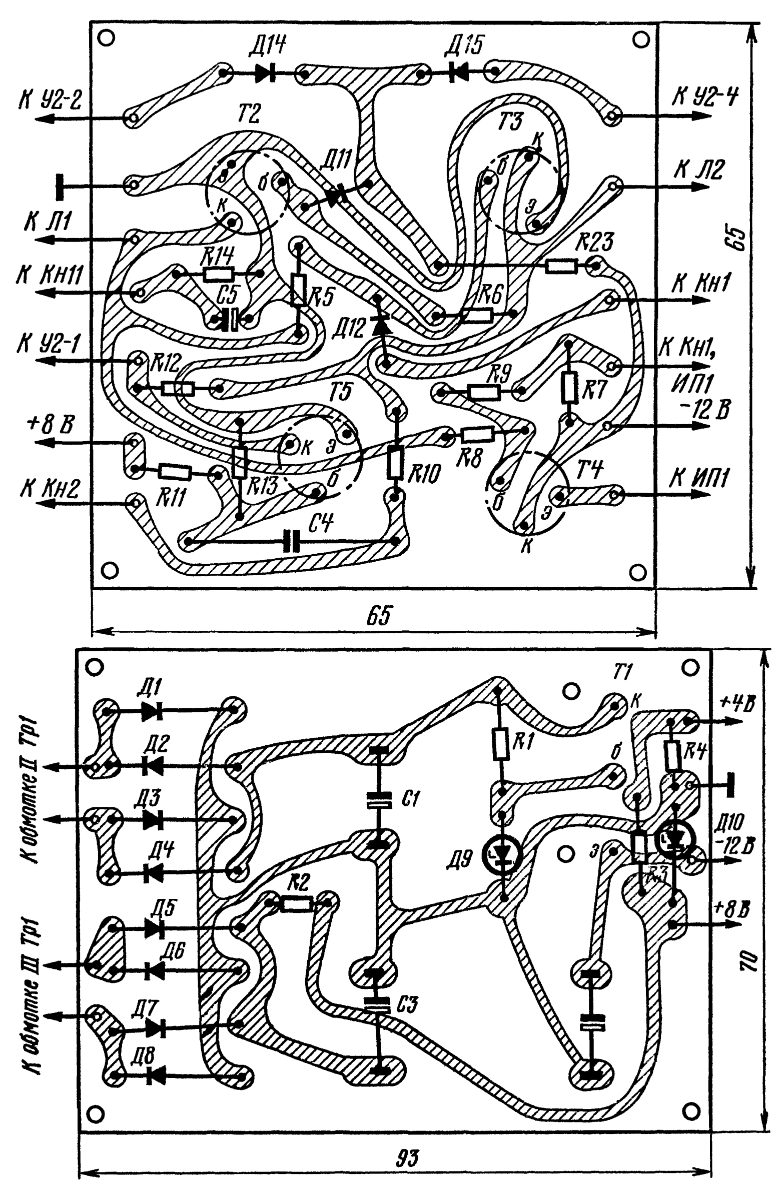
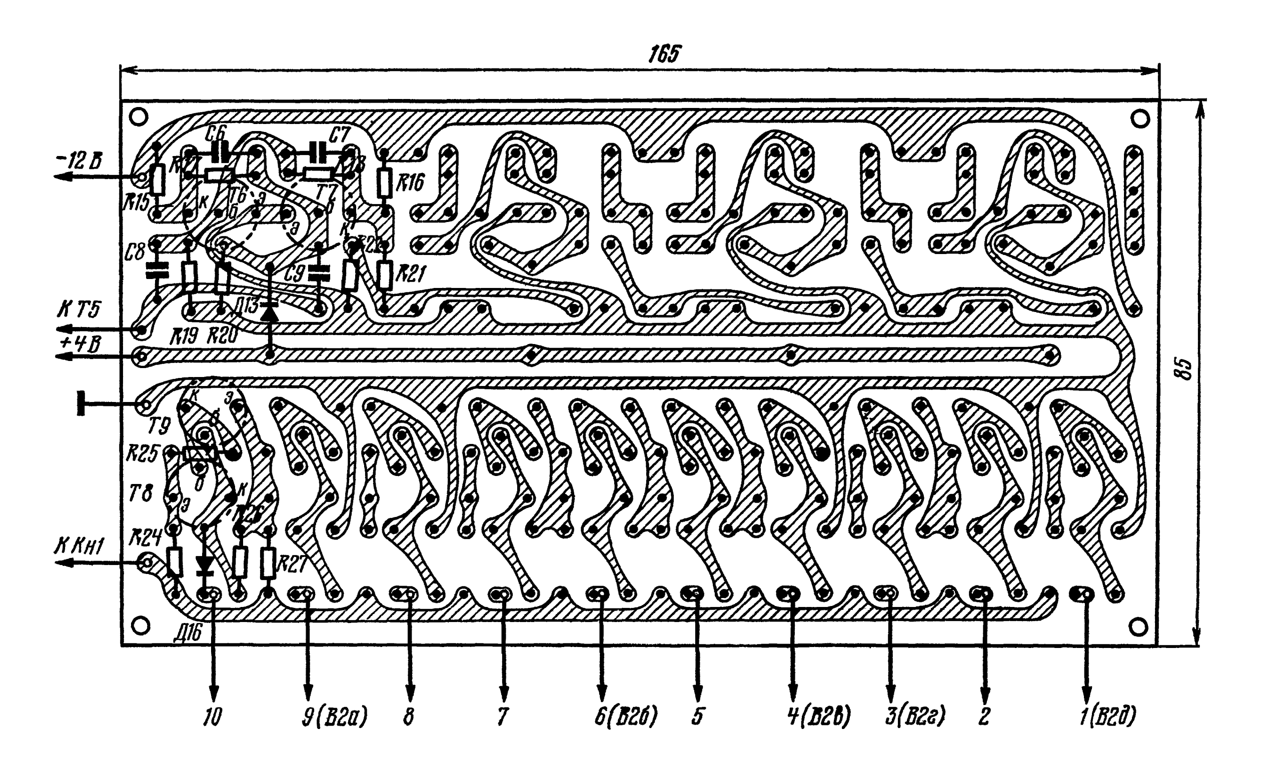



Рис. 5. Чертежи печатных плат экзаменатора:
вверху — плата узлов *У1*, *У3* и *У4*; внизу — плата узла *У7*; справа — плата узлов *У2* и *У5*;



165
85
-12 В
К Т5
+4 В
К Кн1
R15
R17
R16
R18
R19
R20
R21
R22
R24
R25
R26
R27
С6
С7
С8
С9
Д13
Д16
Т6
Т7
Т8
Т9
10
9 (В2а)
8
7
6 (В2б)
5
4 (В2в)
3 (В2г)
2
1 (В2д)

фиксируют двумя специальными винтами, которые одновременно служат направляющими для точного положения перфокарты. Перфокарту можно изготовить из любой плотной бумаги. Примерный вид перфокарты экзаменатора показан на рис. 7.

В экзаменаторе применен миллиамперметр *ИП1* с током полного отклонения стрелки 1 мА. Возможно использование прибора с током полного отклонения стрелки от 50 мкА до 10 мА, при этом требуется подобрать резистор *R9*. Этот резистор подбирают при таком режиме узла *У3*, когда открыт транзистор *Т3* (светится лампа *Л2*) и открыты все ячейки узла *У6*. Резистор *R9* подбирают таким, чтобы стрел-

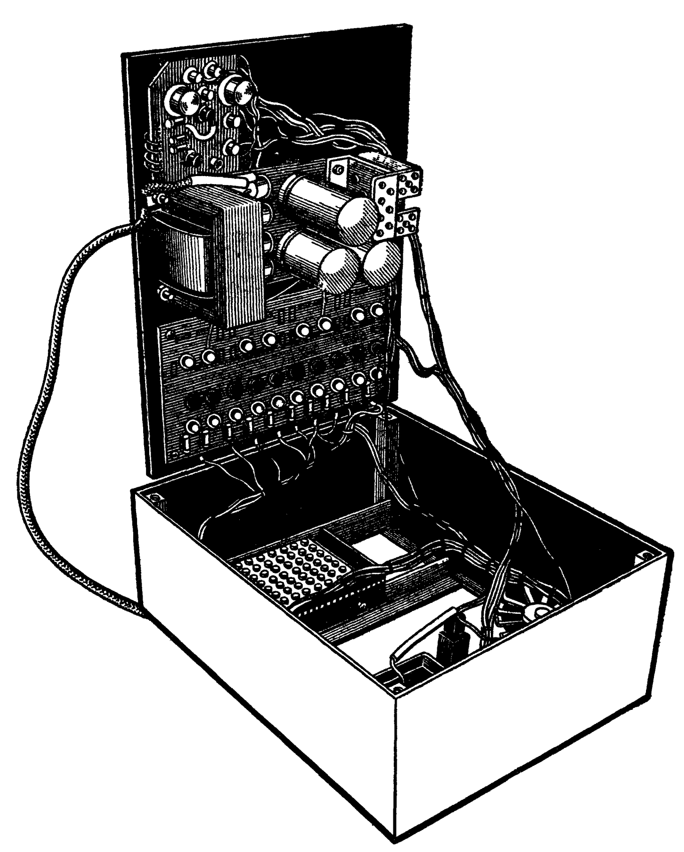


Рис. 6. Расположение деталей и плат в корпусе экзаменатора

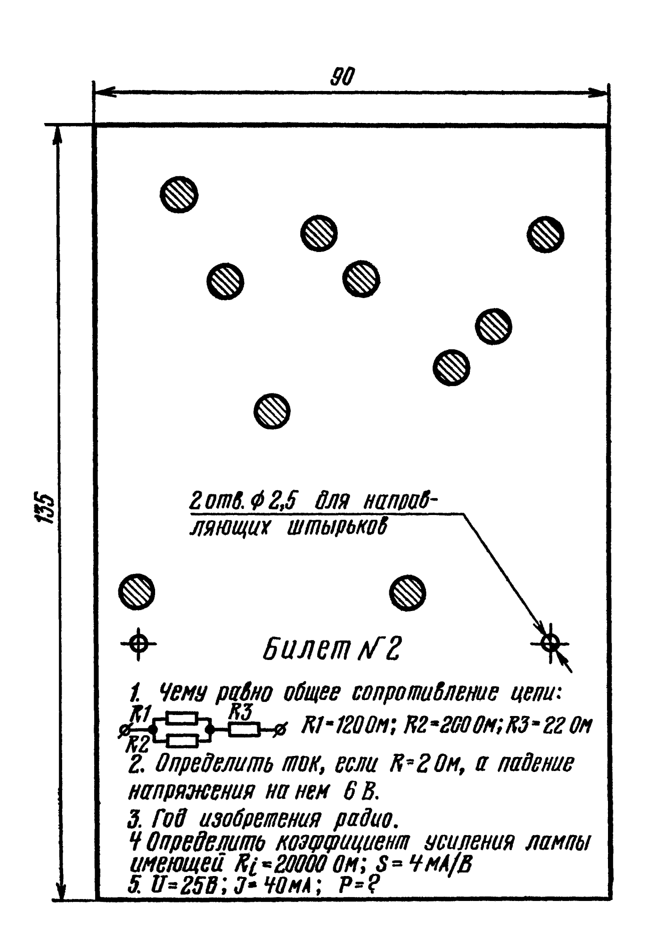



Рис. 7. Примерный вид перфокарты экзаменатора

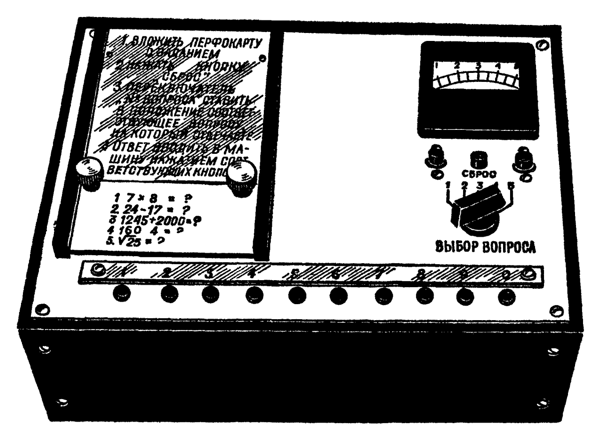



Рис. 8. Внешний вид экзаменатора с установленной перфокартой

ка миллиамперметра *ИП1* установилась на последнее деление шкалы. Промежуточные деления соответствуют меньшему числу открытых ячеек счетчика *У6*. Лампы *Л1* и *Л2* — коммутаторные КМ12 — 90.

Трансформатор *Тр1* выполнен на сердечнике Ш16 × × 32, обмотка *I* содержит 1700 витков провода ПЭЛ 0,1, обмотка *II* — 150 витков провода ПЭЛ 0,5, обмотка *III* — 90 витков провода ПЭЛ 0,12.

Внешний вид экзаменатора с установленной перфокартой показан на рис. 8.

## ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ БЛОК

**Н. Кравцов,**
**г. Москва**

Высокочастотный блок представляет собой составную часть радиолюбительского приемника с повышенной чувствительностью и избирательностью. Блок рассчитан на прием радиовещательных станций, работающих с амплитудной модуляцией в средневолновом 525—1605 кГц (571,4—186,9 м) и коротковолновом 11,7—12,1 МГц (25 м); 9,4—10 МГц (31 м); 7,0—7,4 МГц (41 м); 6,0—6,3 МГц (49 м) и 5,75—3,95 МГц (52—75 м) диапазонах волн.

Чувствительность приемника с описываемым блоком в случае, если усилитель промежуточной частоты имеет чувствительность около 10 мкВ (коэффициент усиления по напряжению 80 дБ), во всех диапазонах не хуже 10 мкВ, а в диапазоне СВ 0,5—0,8 мВ/м при соотношении сигнал/шум не менее 20 дБ. Избирательность по соседнему каналу (при избирательности по соседнему каналу усилителя ПЧ 26 дБ) в диапазонах КВ — 30 дБ, а СВ — более 40 дБ. Избирательность по зеркальному каналу в диапазоне КВ — 30 дБ. Промежуточная частота 465 кГц. Усиленная АРУ позволяет при изменении напряжения на входе приемника на 60 дБ получить изменение напряжения на выходе детектора не более 6 дБ.

Высокочастотный блок питается от стабилизированного выпрямителя напряжением 5,6 В, от него же питаются усилитель АРУ и цепи смещения усилителя промежуточной частоты. Общее напряжение источника питания приемника — 9 В.

В диапазоне СВ для приема используется встроенная магнитная антенна, в диапазонах КВ — штыревая.

Диапазоны и поддиапазоны переключают самодельным барабанным переключателем, по конструкции подобным переключателю приемника ВЭФ-12, но имеющим значительно меньшие габариты.

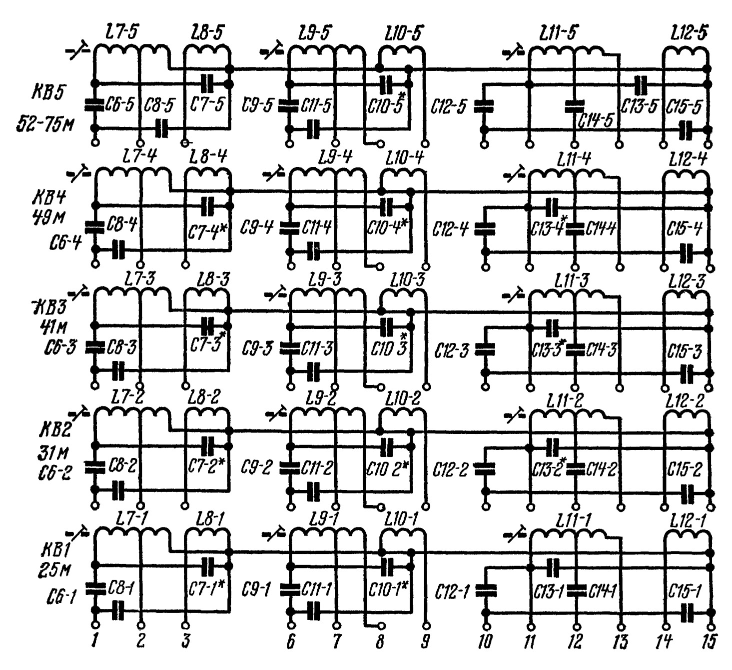
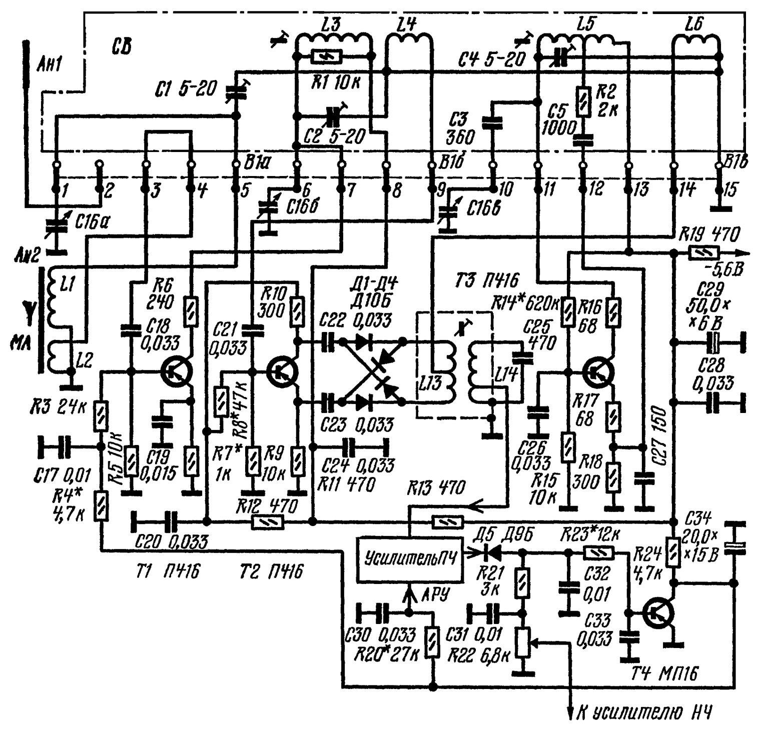



Рис. 1. Принципиальная схема блока

Принципиальная схема блока изображена на рис. 1. Транзистор *T1* работает в усилителе ВЧ. В цепь базы транзистора включен фильтр *R4C17* напряжения АРУ. Для повышения устойчивости работы усилителя в коллекторную цепь транзистора включен резистор *R6*. Усиленный сигнал поступает на базу транзистора *T2*, с коллекторного *R10* и эмиттерного *R11* резисторов которого снимаются два напряжения, сдвинутые по фазе относительно друг друга на 180°. Эти напряжения поступают на преобразователь частоты, выполненный по схеме кольцевого смесителя на германиевых диодах *Д1* — *Д4*. Кольцевой смеситель отличается от традиционного преобразователя частоты малым уровнем перекрестных искажений, а также способностью подавлять ряд интерференционных частот, что имеет большое значение при приеме в диапазоне КВ. Это особенно заметно при приеме в зоне действия мощных телевизионных и УКВ станций. К средней точке катушки связи *L13* подведено напряжение гетеродина, снимаемое с катушки




связи гетеродина (*L6*) включенного поддиапазона. Сигнал промежуточной частоты выделяется на контуре *L14C25* и поступает на вход усилителя ПЧ.

Гетеродин собран на транзисторе *Т3* по схеме с индуктивной автотрансформаторной связью и особенностей не имеет. Резисторы *R16* и *R17* служат для предотвращения возникновения паразитной генерации гетеродина. Конденсаторы *С28* и *С29* и резистор *R19* образуют фильтр низких и высоких частот, который устраняет паразитную связь между гетеродином и другими ступенями приемника через источник питания. Это способствует стабильности работы блока.

Транзистор *Т4* работает усилителем сигнала АРУ.

Конструктивно высокочастотный блок состоит из барабанного переключателя и печатной стеклотекстолитовой платы (рис. 2), на которой собран усилитель высокой частоты, кольцевой смеситель и гетеродин. Усилитель АРУ собран на одной плате с усилителем ПЧ. Общий вид

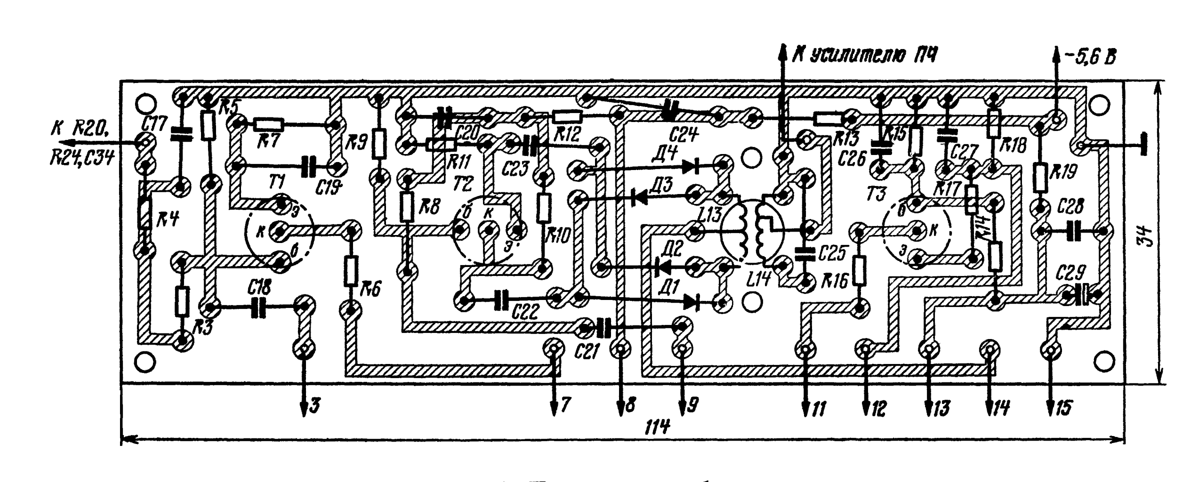



Рис. 2. Печатная плата блока

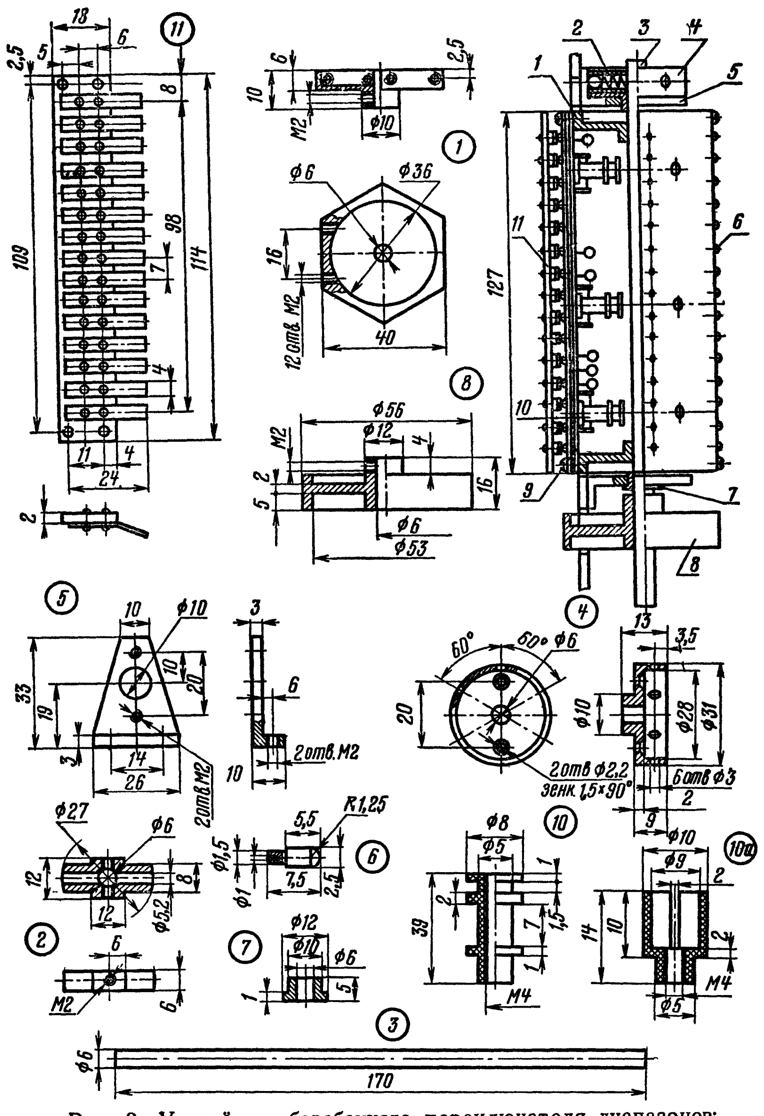
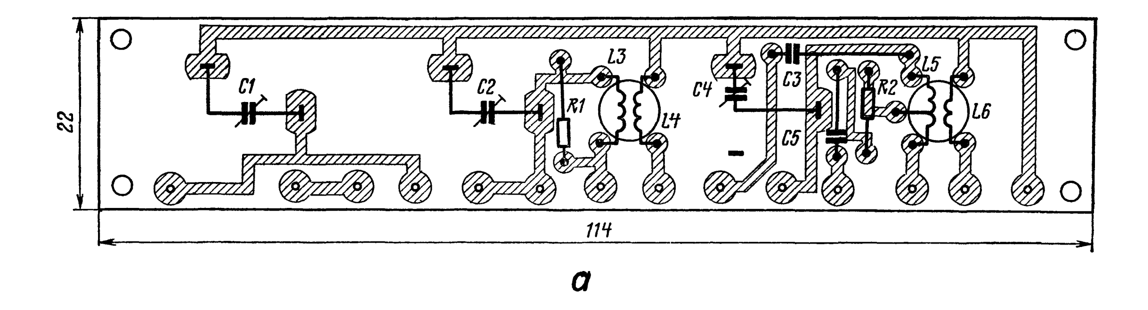
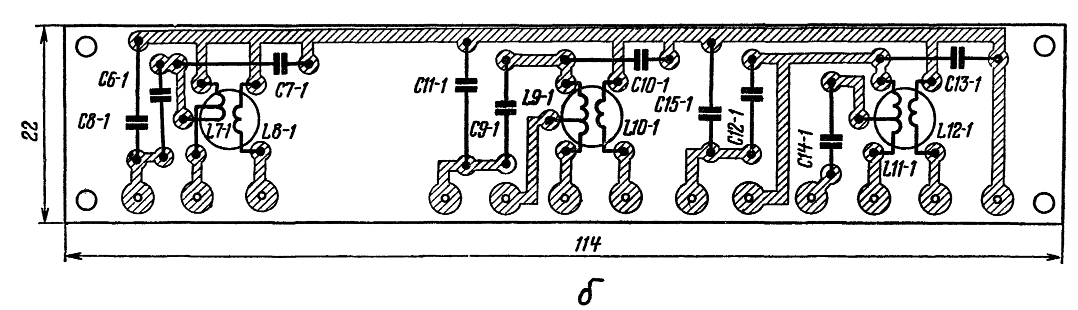


Рис. 3. Устройство барабанного переключателя диапазонов:

*1* — боковина, дюралюминий Д16АТ, 2 шт, *2* — фиксатор, дюралюминий Д16АТ; *3* — ось, сталь ст.45; *4* — барабан фиксатора, латунь ЛС-59-1; *5* — стойка, дюралюминий Д16АМ, 2 шт; *6* — контакт, латунь ЛС-62, серебрить, 90 шт, *7* — втулка, текстолит; *8* — барабан указателя диапазонов, дюралюминий Д16АТ; *9* — плата, стеклотекстолит (см. рис. 4); *10* — каркас катушки, полистирол; *10 а* — держатель сердечника, текстолит; *11* — контактная гребенка




*а*




*б*

Рис. 4 Печатные платы переключателя:
*а* — диапазона СВ, *б* — поддиапазонов КВ

переключателя и входящие в него детали показаны на рис. 3. Платы переключателя (рис. 4), на которых укреплены катушки и конденсаторы, изготовлены также из фольгированного стеклотекстолита печатным способом. С целью уменьшения числа разных плат рисунок печатных проводников всех поддиапазонов КВ выполнен одинаковым.

Строенный конденсатор переменной емкости *C16* самодельный, изготовлен из двух конденсаторов «Тесла» емкостью 5—350 пФ. Оси обоих конденсаторов соединены жестким П-образным рычагом. Можно использовать и блок переменных конденсаторов от портативного приемника «Океан».

Все резисторы — МЛТ-0,25, конденсаторы — КТМ, КЛС и КМ. Транзисторы могут быть применены со статическим коэффициентом передачи тока от 50 до 100. Их можно заменить на транзисторы П423, ГТ313. Диоды *Д1 — Д4* можно использовать типа Д18. Подстроечные конденсаторы — КПК-М, их емкость может быть 6—25 пФ.

Все катушки контуров коротковолновых поддиапазонов намотаны на самодельных каркасах из органического стекла или полистирола (*10*, см. рис. 3). В широкой части каркаса размещают контурные катушки, в узкой — катушки связи. Для сердечников СБМ катушек диапазона СВ с целью предотвращения их разрушения при переключениях изготовлены специальные держатели (10*а*, см. рис. 3). Намоточные данные катушек приведены в табл. 1. В табл. 2 — емкости конденсаторов поддиапазонов КВ.

Налаживание высокочастотного блока начинают с установки режимов транзисторов по постоянному току. Подбором резисторов *R4*, *R9*, *R16* устанавливают коллекторный ток транзисторов *T1* и *T2* — 1 мА, *T3* — 1,5 мА (начиная с транзистора *T3*). При этом следует временно подключить нижний по схеме вывод резистора *R4* к точке соединения резисторов *R12* и *R13* (АРУ отключена). Окончательно резистор *R4* подбирают при настройке приемника в целом, подключив его снова к коллектору транзистора *T4*.

Контур *L14C25* настраивают с помощью приборов по максимуму показаний измерителя выхода, подав сигнал от генератора сигналов частотой 465 кГц и напряжением 0,2 В в цепь базы транзистора *T2* и отключив от нее конденсатор *C21*.

Затем проверяют генерацию гетеродина по диапазонам. Для этого ламповый вольтметр подключают к соответст-

*Таблица 1*

| Обозначение | Число витков | Провод | Добротность | Индуктивность, мкГ | Отвод |
|---|---|---|---|---|---|
| *L1* | 65 | ЛЭШО 10×0,07 | 180 | 300 | — |
| *L2* | 8 | ПЭЛШО 0,2 | — | — | — |
| *L3* | 105 | ЛЭШО 5×0,06 | 150 | 300 | — |
| *L4* | 10 | ПЭВ-2 0,1 | — | — | — |
| *L5* | 80 | ПЭВ-2 0,15 | — | 220 | От 10 витка |
| *I6* | 10 | ПЭВ-2 0,1 | — | — | — |
| *L7-1* | 15 | ПЭЛШО 0,2 | 100 | 2,4 | От 10 » |
| *L8-1* | 13 | ПЭЛШО 0,1 | — | — | — |
| *L9-1* | 15 | ПЭЛШО 0,2 | 100 | 2,4 | От 4 » |
| *L10-1* | 3 | ПЭЛШО 0,1 | — | — | — |
| *L11-1* | 12 | ПЭЛШО 0,2 | 90 | 1,8 | От 3 » |
| *L12-1* | 2 | ПЭЛШО 0,1 | — | — | — |
| *L7-2* | 18 | ПЭЛШО 0,2 | 100 | 3,5 | От 12 » |
| *L8-2* | 3 | ПЭЛШО 0,1 | — | — | — |
| *L9-2* | 18 | ПЭЛШО 0,2 | 100 | 3,5 | От 4 » |
| *L10-2* | 3 | ПЭЛШО 0,1 | — | — | — |
| *L11-2* | 15 | ПЭЛШО 0,2 | — | — | От 5 » |
| *L12-2* | 3 | ПЭЛШО 0,1 | 90 | 2,4 | — |
| *L7-3* | 25 | ПЭЛШО 0,2 | 100 | 6,9 | От 16 » |
| *L8-3* | 3 | ПЭЛШО 0,1 | — | — | — |
| *L9-3* | 25 | ПЭЛШО 0,2 | 100 | 6,9 | От 6 » |
| *L10-3* | 3 | ПЭЛШО 0,1 | — | — | — |
| *L11-3* | 20 | ПЭЛШО 0,2 | 90 | 4,6 | От 4 » |
| *L12-3* | 3 | ПЭЛШО 0-2 | — | — | — |
| *L7-4* | 32 | ПЭЛШО 0,15 | 90 | 9,8 | От 21 » |
| *L8-4* | 3 | ПЭЛШО 0,1 | — | — | — |
| *L9-4* | 32 | ПЭЛШО 0,15 | 90 | 9,8 | От 7 » |
| *L10-4* | 3 | ПЭЛШО 0,1 | — | — | — |
| *L11-4* | 27 | ПЭЛШО 0,15 | 90 | 6,8 | От 5 » |
| *L12-4* | 3 | ПЭЛШО 0,1 | — | — | — |
| *L7-5* | 28 | ПЭЛШО 0,15 | 90 | 7,8 | От 19 » |
| *L8-5* | 4 | ПЭЛШО 0,1 | — | — | — |
| *L9-5* | 28 | ПЭЛШО 0,15 | 90 | 7,8 | От 6 » |
| *L10-5* | 4 | ПЭЛШО 0,1 | — | — | — |
| *L11-5* | 25 | ПЭЛШО 0,1 | 90 | 6,2 | От 5 » |
| *L12-5* | 4 | ПЭЛШО 0,15 | — | — | — |
| *L13* | 12 | ПЭВ 0,12 | — | — | От 6 » |
| *L14* | 100 | ЛЭШО 5×0,06 | 120 | 240 | От 10 » |

**Примечания:** 1 Катушки поддиапазонов КВ намотаны виток к витку. Катушки диапазонов СВ и контура ПЧ намотаны внавал.

2. Все отводы считаются от правого (по схеме) вывода катушек.

3. Сердечник магнитной антенны *Ан2* 100×20×3 мм из феррита 600НН. Катушки *L3*, *L4*; *L5*, *L6* и *L13*, *L14* намотаны в сердечниках СБМ из феррита 600НН. В каркасы остальных катушек ввинчены по резьбе М4 сердечники длиной 10 мм из карбонильного железа.

*Таблица 2*

| Обозначение по схеме | Емкость пФ | Обозначение по схеме | Емкость, пФ | Обозначение по схеме | Емкость, пФ |
|---|---|---|---|---|---|
| *С6-1*<br>*С6-2*<br>*С6-3*<br>*С9-1*<br>*С9-2*<br>*С9-3*<br>*С15-5* | 62 | *С13-1* | 110 | *С6-5*<br>*С9-5*<br>*С12-5*<br>*С14-5* | 300 |
| *С8-1*<br>*С11-5*<br>*С12-1*<br>*С12-2*<br>*С12-3*<br>*С12-4* | 68 | *С 8-4*<br>*С11-4*<br>*С15-3* | 130 | *С7-1* | 15,1 |
| *С6-4*<br>*С9-4* | 75 | *С 8-3*<br>*С11-3*<br>*С14-2*<br>*С15-2* | 150 | *С7-2*<br>*С10-4*<br>*С10-5* | 6,8 |
| *С14-1*<br>*С15-4* | 100 | *С8-2*<br>*С21-2*<br>*С14-3* | 180 | *С7-3* | 9,1 |
| | | *С14-4*<br>*С15-1* | 200 | *С7-4* | 2,2 |
| | | *С8-1*<br>*С11-1* | 220 | *С7-5* | 4,7 |
| | | *С13-3*<br>*С13-5* | 12 | *С10-1*<br>*С13-2* | 8,2 |
| | | | | *С10-2*<br>*С10-3*<br>*С13-4* | 7,5 |

вующей катушке связи включенного поддиапазона или к средней точке катушки *L13*. В случае отсутствия генерации необходимо подобрать конденсатор связи *С5* (*С14-1*—*С14-5*) большей емкости. Для нормальной работы кольцевого смесителя необходимо, чтобы напряжение на катушке связи было в пределах 180—220 мВ. Если напряжение гетеродина выходит за эти пределы, следует изменить число витков соответствующей катушки связи гетеродина.

Затем устанавливают границы поддиапазонов. Для этого подают сигнал от ГСС соответствующей частоты напряжением 0,1 В на базу транзистора *Т1*, предварительно отключив катушку связи *L2* усилителя ВЧ. Границы каждого поддиапазона расширяют на минимальной частоте вращением сердечника контура, а на максимальной — подбором емкости *С4* (*С13-1*—*С13-5*), устанавливая ротор конденсатора *С16* переменной емкости соответственно в крайние положения. Частоту гетеродина на всех поддиапазонах выбирают больше частоты принимаемого сигнала, т. е. частоты сигнала,

поступающего от ГСС. Связь ГСС с высокочастотным блоком в процессе налаживания должна быть минимальной.

Окончательная настройка (уточнение промежуточной частоты, подстройка входных контуров поддиапазонов КВ при включенной штыревой антенне) производится в сборе с усилителями ПЧ и НЧ. При этом к выходу ГСС подключают отрезок провода длиной 10—15 см, имитирующий передающую антенну.

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ КВ КОНВЕРТЕР

**В. Малишевский, И. Малишевский,**
**г. Горький**

Описываемый конвертер отличается от опубликованных ранее возможностью автоматической настройки на частоту радиостанции. Перестройку на следующую станцию производят нажатием кнопки. После настройки на станцию автоматически подстраивается частота гетеродина конвертера.

Принципиальная схема конвертера показана на рис. 1. Конвертер собран на девяти транзисторах. Он позволяет принимать станции в поддиапазонах 25, 31 и 41 м. Чувствительность конвертера при использовании с транзисторным приемником «Селга» не хуже 50 мкВ. Ток, потребляемый от источника, равен 7,5 мА. Конвертер питается от батареи

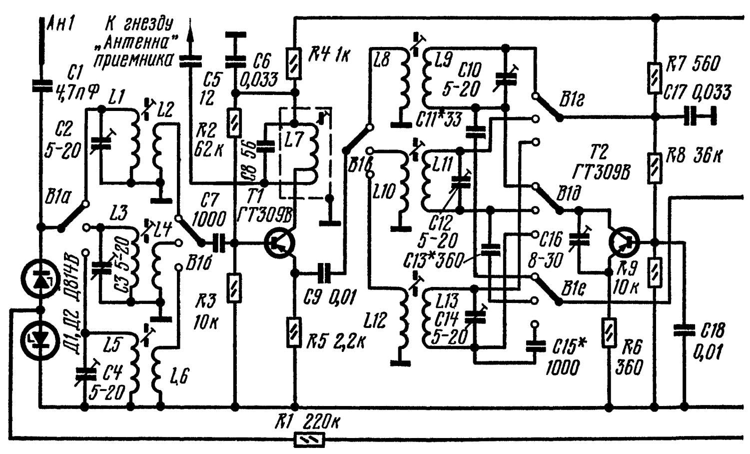



Рис. 1. Принципиальная

напряжением 9 В («Крона») и сохраняет работоспособность при уменьшении напряжения питания до 5 В.

Конвертер состоит из следующих узлов: преобразователя частоты по схеме с раздельным смесителем и гетеродином, собранных на транзисторах *Т1* и *Т2*; генератора пилообразного напряжения на транзисторах *Т3*, *Т4* и *Т5*, образующего систему автопоиска; канала на транзисторах *Т7—Т9*, служащего для останова генератора поиска. Выход конвертера подключен к гнезду *«Антенна»* приемника, а управляющий сигнал на конвертер снимается с анода диодного детектора (с выхода усилителя ПЧ) приемника. Смеситель собран на транзисторе *Т1*. На его эмиттер поступает напряжение гетеродина. Гетеродин выполнен по схеме «емкостной трехточки» на транзисторе *Т2*. Перестройка частоты гетеродина и входного контура конвертера происходит при помощи двух пар, включенных встречно стабилитронов *Д1*, *Д2* и *Д3*, *Д4*. Они используются как варикапы, управляемые напряжением. Управляющее напряжение на варикапах изменяется от минус 4 В (емкость минимальна) до минус 0,5 В. Поддиапазоны выбирают переключением входных контуров и контуров гетеродина переключателем *В1*. Нагрузкой преобразователя служит контур *L7C8*, настроенный на частоту 1500 кГц, на которую и настраивают радиовещательный приемник (в диапазоне СВ).

Генератор пилообразного напряжения выполнен по схеме с зарядным конденсатором (*С19*). Он заряжается через

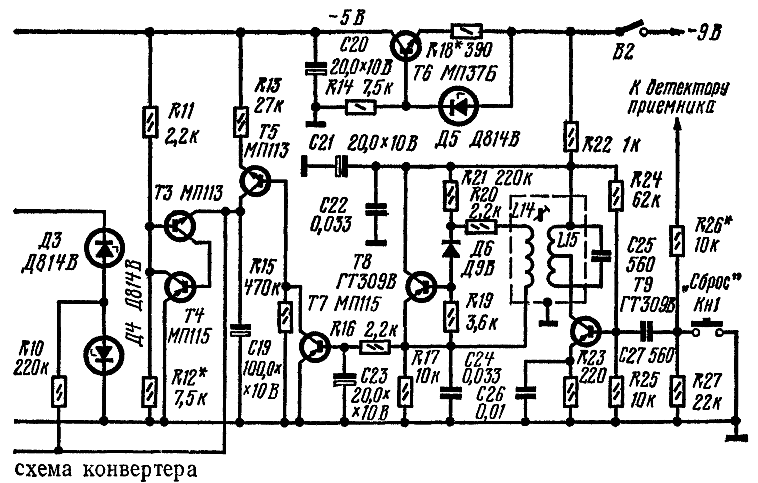


схема конвертера

транзистор *T5* и резистор *R13*, параллельно зарядному конденсатору подключен эквивалент однопереходного транзистора, собранного на транзисторах *T3* и *T4*. Через эти транзисторы происходит быстрый разряд конденсатора *C19*. Время нарастания пилообразного напряжения, а значит, и полное время одного цикла автоматической перестройки в пределах поддиапазона составляет 8—10 с. Режимом генератора пилообразного напряжения (*T5*) управляет транзистор *T7*, шунтирующий резистор *R15*. В режиме поиска транзистор *T7* закрыт, а *T5* — открыт.

На транзисторах *T8* и *T9* собран усилитель, формирующий отрицательное напряжение останова режима автопоиска. Напряжение, появляющееся на выходе усилителя ПЧ приемника при перестройке преобразователя частоты конвертера, поступает на узкополосный резонансный усилитель на транзисторе *T9*. Полоса пропускания усилителя равняется 4—4,5 кГц, контур *L15C25* усилителя настроен на промежуточную частоту приемника (465 кГц). Сигнал с катушки связи *L14* детектируется диодом *Д6*, постоянная составляющая этого сигнала усиливается транзистором *T8* и с нагрузки *R17* поступает на фильтр *R16C23*, исключающий ложную перестройку на следующую станцию при действии помехи импульсного характера. Отрицательное напряжение с выхода фильтра управляет работой транзистора *T7*.

Первый цикл перестройки заканчивается настройкой конвертера на частоту первой работающей станции в наиболее низкочастотной части выбранного поддиапазона. При желании перестроиться на следующую станцию нужно кратковременно нажать кнопку *Кн1*, при этом прекращается поступление сигнала с приемника на базу транзистора *T9*. Отрицательное напряжение на конденсаторе *C19* начинает увеличиваться, и конвертер настраивается на следующую станцию с более высокой несущей частотой.

Развязывающие фильтры *R4C6*, *R7C17* и *R22C21C22* повышают устойчивость работы конвертера и исключают связь между каскадами по цепям питания. Преобразователь и генератор пилообразного напряжения питаются от стабилизатора, собранного на транзисторе *T6*. Это исключает смещение частотных границ поддиапазонов при понижении напряжения питания. Конвертер сохраняет работоспособность в интервале температур от минус 5 до плюс 40° С.

Конвертер смонтирован на двух печатных платах раз-

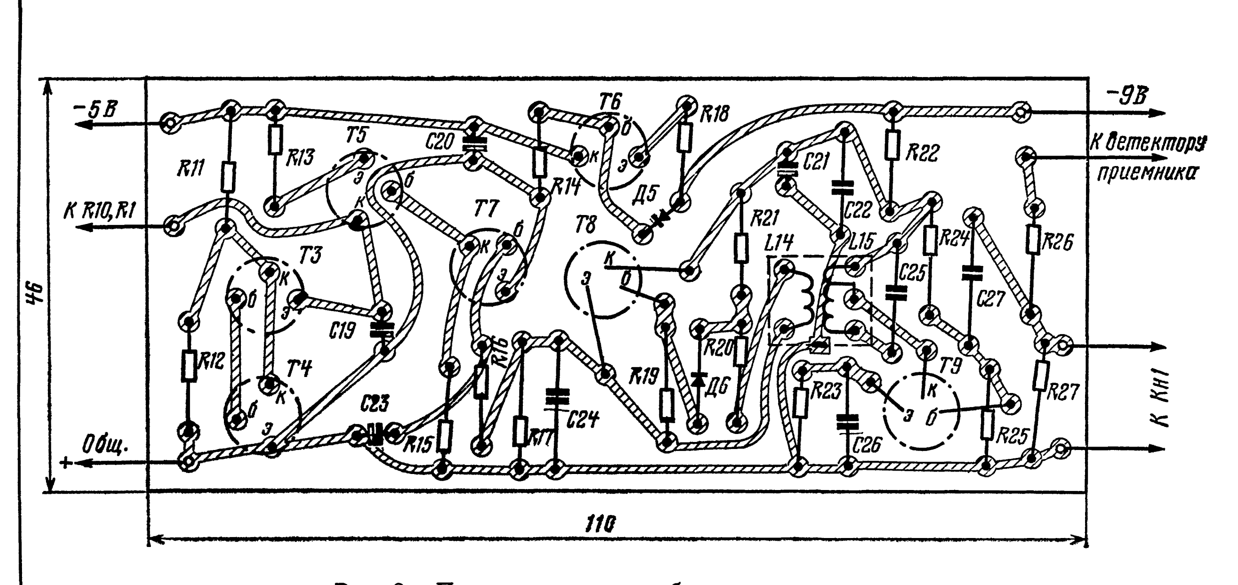



Рис. 2а. Печатная плата преобразователя частоты

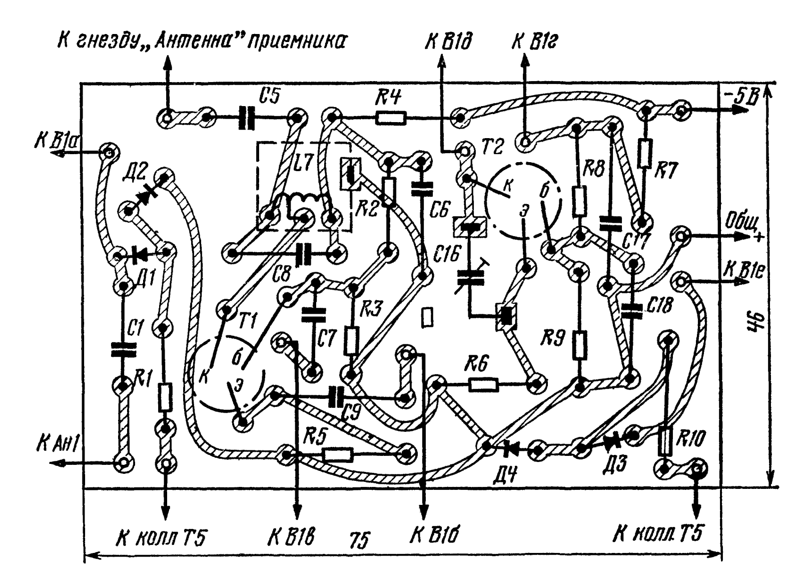



Рис. 26. Печатная плата узла автоматической настройки

мерами 110 × 46 и 75 × 46 мм, изображенных на рис. 2. Платы помещены в корпус радиоприемника «Селга». Самодельный корпус должен иметь размеры 170 × 95 × × 40 мм. В корпусе, кроме плат, размещены штыревая антенна, батарея питания, тумблер включения питания *В2* (типа МТ-1), кнопка *Кн1* «*Сброс*» (типа КМ1-I) и переключатель диапазонов *В1*. Переключатель диапазонов *В1* — малогабаритный, от приемника «Спорт-2». Намоточные данные катушек конвертера приведены в табл. 1.

Стабилитроны *Д1—Д4* необходимо отобрать по минимальному разбросу их емкости. Конденсаторы использованы малогабаритные — КЛС, КТ-1, КБО-6 (*С19 — С21*, *С23*), КПК-М (*С2—С4*, *С10*, *С12*, *С14*, *С16*); резисторы МЛТ-0,125.

Налаживание начинают с платы узла автоматической настройки (рис. 2*б*). Сначала устанавливают режимы транзисторов. Подключив батарею питания, подбирают резистор *R18* так, чтобы напряжение на коллекторе транзистора *Т6* стабилизатора было равно 5 В. Далее измеряют напряжение в точке соединения резисторов *R11* и *R12* — оно должно быть в пределах 3,2—3,5 В.

*Таблица 1*

| Обозначение | Число витков | Провод | Сердечник |
|---|---|---|---|
| *L1*<br>*L2* | 38<br>10 | 0,2<br>» | Подстроечный от СБ-9а |
| *L3*<br>*L4* | 40<br>12 | »<br>» | То же |
| *L5*<br>*L6* | 44<br>15 | »<br>» | » |
| *L7* | 96 | 0,11 | 600НН |
| *L8* | 4 | 0,27 | Подстроечный от СБ-9а |
| *L9* | 24 | » | |
| *L10*<br>*L11* | 5<br>28 | »<br>» | То же |
| *L12*<br>*L13* | 7<br>33 | »<br>» | » |
| *L14*<br>*L15* | 12<br>96 | 0,12<br>» | 600НН |

**Примечания:** 1. Катушки *L7* и *L15* имеют отводы от 30 и 26-го витка соответственно.

2. Катушки связи намотаны на бумажных гильзах и размещены на расстоянии 2—4 мм от контурных.

3. Катушки *L7* и *L14* — *L15* намотаны на каркасах с сердечниками от приемника «Сокол». Остальные катушки на цилиндрических каркасах диаметром 6 и длиной 25 мм. В отверстиях каркасов нарезана резьба под подстроечники сердечника СБ-9а.

4. Все катушки намотаны проводом ПЭВ-1.

При подключении вольтметра к базе или коллектору транзистора *Т5* при нормально работающем генераторе поиска можно наблюдать периодические (с периодом 8—10 с) изменения напряжения от 1,5 до 3,5 В.

Режимы остальных транзисторов приведены в табл. 2.

Сигнал-генератор подключают к верхнему (по схеме) выводу резистора *R26* и устанавливают частоту сигнала

генератора 465 кГц и амплитуду 50—100 мВ. Индикатор выхода — авометр или вольтметр подключают к эмиттеру транзистора *Т8*. Вращением сердечника настраивают контур *L15C25* на промежуточную частоту по максимальному напряжению на эмиттере. Подключают авометр к коллектору транзистора *Т5* и убеждаются, что периодические изменения напряжения прекратились.

Затем переходят к налаживанию преобразователя частоты (рис. 2*а*). Сначала проверяют наличие напряжения

*Таблица 2*

| Транзистор | Напряжение, В | | |
|---|---|---|---|
| | на эмиттере | на базе | на коллекторе |
| *T1* | 0,2 | 0,4 | 3,2 |
| *T2* | 1,1 | 1,3 | 3,7 |
| *T6* | 8 | 0,6 | 5 |
| *T8* | 0,1 | 0,25 | 4,5 |
| *T9* | 0,2 | 0,5 | 3,6 |

гетеродина (см. рис. 1) на коллекторе транзистора *Т2*. Для этого к точке соединения резисторов *R1* и *R10* прикладывают постоянное отрицательное напряжение, которое можно изменять от 0,5 до 4 В. Напряжение гетеродина измеряют ламповым вольтметром. Оно должно быть равно 1,5—2 В. Если генерация на каком-либо поддиапазоне отсутствует, необходимо проверить монтаж и добиться генерации конденсатором *С16*. Напряжение на эмиттере транзистора *Т1* должно быть в пределах 0,2—0,25 В.

Убедившись в нормальной работе гетеродина конвертера, в приемнике на участке 1400—1600 кГц диапазона СВ находят интервал, не занятый радиостанциями. С помощью сигнал-генератора определяют более точное значение частоты настройки и наносят риску на шкале приемника, соответствующую положению указателя. Подключив сигнал-генератор к базе транзистора *Т1* через конденсатор емкостью 50—100 пФ, настраивают подстроечным сердечником контур *L7C8* в резонанс по максимуму показаний индикатора выхода, подключенного к верхнему по схеме выводу конденсатора *С5*.

Дальнейшая настройка преобразователя частоты на указанные поддиапазоны волн и сопряжение входных конту-

ров и контуров гетеродина не имеют отличий от настройки растянутых диапазонов радиовещательных приемников.

Затем объединяют обе платы электрически в одно целое, выход конвертера соединяют с гнездом «*Антенна*» приемника, а ко входу подключают штыревую антенну. После включения питания должны прослушиваться радиостанции одна за другой, как бывает при быстром вращении ручки настройки приемника.

Резистор *R66* соединяют с анодом диода детектора приемника и подбирают этот резистор так, чтобы перестройка останавливалась при настройке конвертера на первую же станцию. При смене приемника может оказаться необходимым вновь подобрать этот резистор.

Если конвертер будет встроен в корпус приемника, целесообразно ввести в усилитель останова поиска автоматическую регулировку усиления (АРУ). Это позволит ослабить влияние замираний, присущих диапазону КВ, на процесс автоматической перестройки конвертера. Для введения АРУ достаточно отключить резистор *R25* от общего провода и соединить его с катодом диодного детектора приемника через *RC* фильтр ($R_ф$ = 10 кОм, $C_ф$ = 50 мкФ), подобный по схеме фильтру *R7C17* конвертера.

## РЕЛЕ ВРЕМЕНИ НА ТИРАТРОНАХ

**Л. Дмитренко,**
**г. Киев**

Реле времени, выполненные на тиратронах тлеющего разряда, находят широкое применение не только при автоматизации различных производственных процессов, но и в радиолюбительской практике, в частности, при фотопечати. Тиратронные реле времени, как правило, просты по схеме, обладают сравнительно высокой выходной мощностью и широким диапазоном выдержек времени.

В отличие от известных в описываемых реле времени можно использовать весьма мощные реле переменного тока, такие, как РПТ-100, МКУ-48, ПЭ-1, ПЭ-4, ПЭ-6, ПЭ-10 и даже магнитные пускатели.

На рис. 1 показана схема реле времени для фотопечати на тиратроне МТХ-90. Реле рассчитано для включения

в сеть 127 В. Оно состоит из электромагнитного реле *Р1* переменного тока, балластного конденсатора *С2*, выпрямительного диода *Д1*, тиратрона *Л3* и времязадающей цепочки *R3R4R5C4*.

При нажатии кнопки *Кн1* «*Вкл.*» реле *Р1* включается и самоблокируется своими контактами *Р1/2*. Одновременно контактами *Р1/1* реле включает лампу *Л2* увеличителя и отключает лампу *Л1* красного фонаря. Сразу после включения реле *Р1* конденсатор *С4* начинает заряжаться через

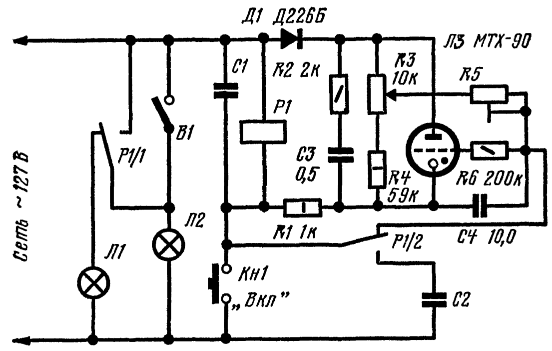



Рис. 1. Принципиальная схема реле времени с питанием от сети 127 В

диод *Д1* и резисторы *R3* и *R5*. Через некоторое время конденсатор *С4* зарядится до напряжения зажигания тиратрона *Л3* по промежутку сетка—катод. Тиратрон зажигается, и обмотка реле оказывается шунтированной тиратроном, из-за чего напряжение на ней резко уменьшается, и реле отпускает якорь. Контактами *Р1/2* реле параллельно конденсатору *С4* подключается резистор *R1*, через который конденсатор быстро разряжается. Контакты *R1/1* отключают лампу увеличителя и включают лампу красного фонаря.

Выключатель *В1* служит для включения лампы увеличителя без выдержки времени. Выдержку времени плавно регулируют переменным резистором *R3*, позволяющим изменять напряжение питания времязадающей цепочки. При емкости конденсатора *С4*, равной 10 мкФ, максимальная выдержка времени достигает 200 с.

В случае питания реле времени от сети переменного тока 220 В часто приходится использовать понижающий трансформатор. На рис. 2 показана схема реле времени с питанием непосредственно от сети 220 В. Для предотвращения

пробоя тиратрона по промежутку анод-катод в этом реле включены последовательно два тиратрона *Л3* и *Л4*. Работа этого реле не отличается от описанной выше. При заряде конденсатора *С4* до напряжения зажигания тиратрона *Л4* зажигаются оба тиратрона, шунтируя обмотку реле *Р1*.

В обоих рассмотренных устройствах емкость конденсатора *С1* подобрана таким образом, чтобы после срабатывания реле в контуре, образованном индуктивностью обмотки и емкостью конденсатора *С1*, возникал резонанс (емкост-

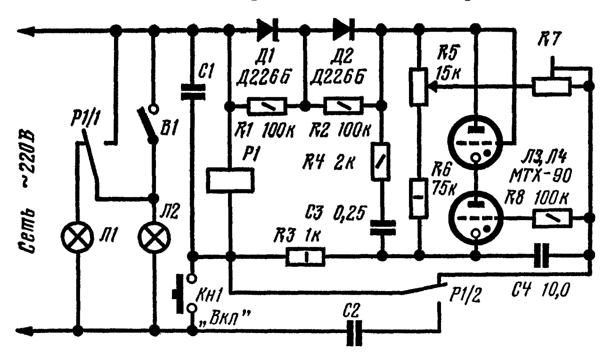



Рис. 2. Принципиальная схема реле времени с питанием от сети 220 В

ное сопротивление конденсатора должно быть несколько меньше индуктивного сопротивления обмотки реле во включенном состоянии). При соблюдении указанного условия реле надежно отключается при зажигании тиратронов. Емкости блокировочного и балластного конденсаторов для различных реле и номинальных напряжений сети приведены

| Реле | Напряжение сети, В | Конденсатор | |
|---|---|---|---|
| | | *С1*, мкФ | *С2*, мкФ |
| РПТ-100 | 127 | 0,5 | 0,65 |
| ПЭ-1 | 127 | 0,2 | 0,70 |
| МКУ-48 | 127 | 0,5 | 1,0 |
| ПЭ-6 | | | |
| ПЭ-4 | 127 | 0,8 | 0,35 |
| ПЭ-10 | 127 | 1,1 | 0,5 |
| РПТ-100 | 220 | 0,25 | 0,2 |
| ПЭ-1 | 220 | 0,05 | 0,25 |
| МКУ-48 | 220 | 0,1 | 0,35 |
| ПЭ-6 | | | |
| ПЭ-4 | 220 | 0,30 | 0,12 |

в таблице. Напряжение срабатывания реле должно быть равно напряжению сети.

Следует заметить, что при использовании в реле времени электромагнитных реле переменного тока, у которых кратность изменения индуктивного сопротивления во включенном и выключенном состояниях превышает три (например, реле ПЭ-4, ПЭ-10, магнитные пускатели), самоблокировка реле не нужна. Если правильно подобраны конденсаторы *C1*, *C2*, при разомкнутом положении магнитопровода реле напряжение на обмотке не превышает 10% номинального значения, и поэтому самопроизвольно реле включиться не может.

В описанных устройствах тиратроны работают в импульсном режиме, зажигаясь лишь на момент отключения реле, что позволяет без снижения стабильности и долговечности работы тиратронов резко увеличить мощность применяемых реле. Если вместо кнопки *Кн1* «*Вкл.*» в реле вмонтировать еще один тиратрон, описанными реле времени можно будет управлять с помощью слабых импульсов тока.

# ЛЮБИТЕЛЯМ ЗВУКОЗАПИСИ

## ЛАМПОВО-ТРАНЗИСТОРНЫЙ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ НЧ

**В. Жарков, В. Якушев,**
**г. Москва**

Для обеспечения высококачественной работы стереофонический усилитель НЧ должен обладать определенными характеристиками. Наиболее важные из них — широкая полоса рабочих частот, начинающаяся с 30 Гц и простирающаяся в область ультразвуковых частот, примерно 30—40 кГц; малый уровень собственных шумов на выходе, не хуже минус 60—70 дБ; большой динамический диапазон, не менее 60 дБ; большое переходное затухание между стереоканалами, не хуже минус 40—50 дБ; достаточно большая номинальная выходная мощность, не менее 10 Вт при малых нелинейных искажениях, не превышающих 2%.

Реализация высоких качественных показателей усилителя НЧ является весьма трудной задачей, особенно если учесть, что они во многом противоречивы. В частности, при проектировании широкополосных усилительных трактов с высоким входным сопротивлением приходится сталкиваться с проблемой уменьшения уровня собственных шумов. Чем шире полоса пропускания усилителя, тем больше уровень шумов на его выходе, и, соответственно, у́же его динамический диапазон. Достаточно указать, что уровень собственных шумов транзисторного усилителя с полосой рабочих частот 20 Гц — 20 кГц, входной каскад которого выполнен на малошумящих транзисторах (МП13Б, МП27, МП28, МП39Б и т. д.), не удается сделать меньшим минус 54—60 дБ. Широкополосные усилители на электронных лампах, анодные цепи которых питаются высоким напряжением (150—250 В), при тех же условиях способны обеспечить уровень собственных шумов до минус 70 дБ.

В описываемом ниже широкополосном стереоусилителе с более широкой полосой рабочих частот (30 Гц — 50 кГц) был достигнут уровень собственных шумов минус 75 дБ. Для получения столь малых собственных шумов

входные ступени обоих каналов усилителя выполнены на электронных лампах, питающихся пониженным анодным напряжением. Установлено, что целый ряд электронных ламп (6Н23П, 6Н3П, 6Н16Б и др.), предназначенных для эксплуатации при анодных напряжениях 100—150 В, вполне удовлетворительно работают при напряжении источника анодного питания 12—20 В, при этом коэффициент нелинейных искажений не превышает 0,1—0,2% в широком интервале частот. Применение электронной лампы на входе резко упрощает решение задачи обеспечения высокого входного сопротивления стереоусилителя. Все это предопределило новое схемотехническое решение входных ступеней усилителя.

Описываемый усилитель рассчитан на совместную работу с магнитофоном, радиоприемником и монофоническим или стереофоническим электропроигрывающими устройствами, имеющими звукосниматели с магнитной или пьезоэлектрической головками. Он оснащен оригинальным устройством контроля стереобаланса, позволяющим оценивать разницу между коэффициентами усиления каналов как до начала работы, так и в процессе воспроизведения звуковой программы. В устройстве вместо стрелочных индикаторов стереобаланса применена маломощная лампа накаливания. Нагрузкой усилителя служат две акустические системы, рассчитанные на номинальную мощность 10—20 Вт каждая.

Электрические параметры стереоусилителя удовлетворяют требованиям, предъявляемым к усилителям высшего класса. Полоса рабочих частот 30 Гц — 50 кГц при неравномерности частотной характеристики не более 2 дБ. Номинальная выходная мощность 2 × 15 Вт на нагрузке 4 Ом при коэффициенте нелинейных искажений не более 2%. Максимальная выходная мощность 2 × 20 Вт при коэффициенте нелинейных искажений не более 10%. Регулировка тембра — раздельная по низшим и высшим частотам. Глубина регулировки ± 15 дБ на частотах 30 Гц и 15 кГц. Входное сопротивление канала — 500 кОм, чувствительность по входу на частоте 1 кГц — 150 мВ. Глубина ручной регулировки громкости 60 дБ. Динамический диапазон усилителя 70 дБ. Уровень собственных шумов и фона при открытом входе и максимальном усилении не более минус 75 дБ. Переходное затухание между каналами на частоте 1 кГц при номинальной мощности не хуже 50 дБ. Точность установки стереобаланса в интервале выходных мощ-

ностей 0,25—15 Вт не хуже ±5%. Усилитель питается от сети переменного тока напряжением 220 или 127 В и потребляет при номинальной выходной мощности около 65 Вт. Габариты усилителя 310 × 110 × 270 мм. Масса около 7 кг.

Принципиальная электрическая схема усилителя изображена на рис. 1. Усилитель состоит из двух идентичных каналов усиления (на схеме показан только левый канал), устройства коммутации, устройства контроля стереобаланса и блока питания, схема которого представлена на рис. 2. Усилительный тракт каждого канала состоит из предварительного и оконечного усилителей.

Предварительный усилитель (*У2*) выполнен на электронной лампе *2Л1* и двух транзисторах *2Т1*, *2Т2*. Он представляет собой две одинаковые лампово-транзисторные ступени усиления, между которыми включены регуляторы тембра (*У3*) и усиления. Особенностью каскада является питание электронной лампы относительно низким анодным напряжением, примерно 16—17 В.

Входная ступень на левом (по схеме) триоде лампы *2Л1* усиливает сигнал примерно в четыре раза, компенсируя потери в цепях регуляторов тембра. Анодной нагрузкой ступени служит резистор *2R3*, а в катодную цепь включен резистор *2R2*, обеспечивающий отрицательную обратную связь и малые искажения ступени. Анодное питание лампы стабилизировано с помощью стабилитронов *2Д1*, *2Д2*. Подогреватель лампы питается постоянным током.

Эмиттерный повторитель на транзисторе *2Т1* предназначен для согласования входной ступени с блоком регуляторов тембра. База транзистора непосредственно связана с анодной нагрузкой входной ступени, что обеспечивает высокую стабильность фазовых характеристик лампово-транзисторного узла усилителя. Благодаря хорошему согласованию по входу и выходу регуляторы тембра позволяют получить широкий интервал регулирования.

Регуляторы тембра выполнены ступенчатыми через 3 дБ: переменные резисторы *3R2* и *3R4* представляют собой цепочки из постоянных резисторов, переключаемых галетным переключателем на 11 положений одновременно в обоих каналах усилителя. Схема регуляторов тембра и номиналы резисторов, входящих в цепочки, показаны на рис. 3. Коэффициент передачи блока регуляторов тембра в среднем положении переключателей на частоте 1 кГц — около 0,1.

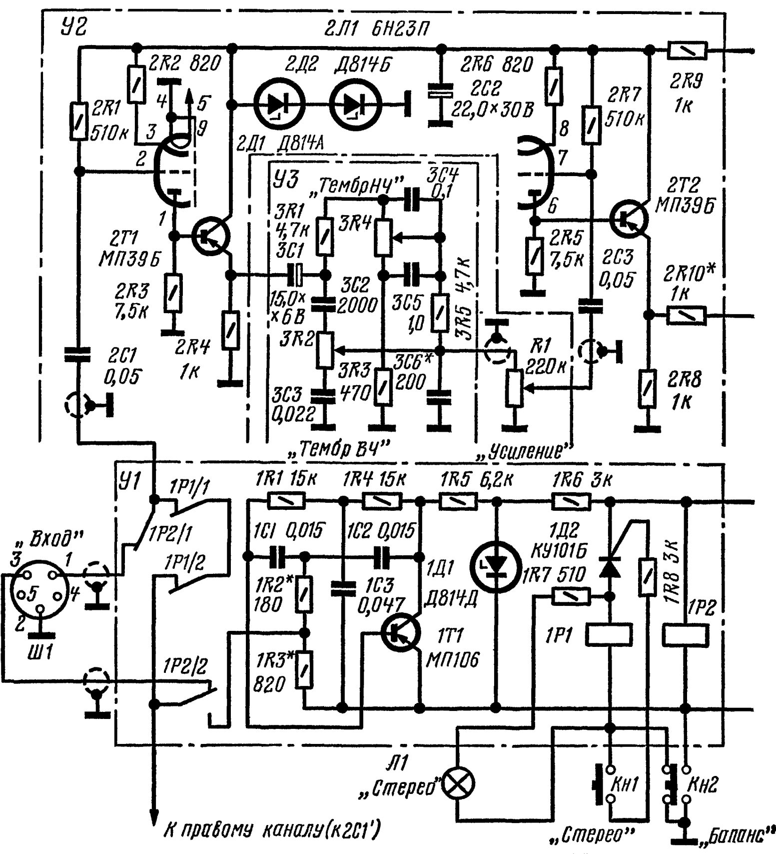



Рис. 1. Принципиальная

Эмиттерный повторитель на транзисторе *2Т2* служит для согласования низкого входного сопротивления оконечного усилителя с относительно высокоомным выходом предварительного усилителя. Кроме этого, он позволяет при необходимости передавать сигнал на вход оконечного усилителя с помощью соединительного кабеля значительной длины. Конденсатор *3С6* ограничивает рабочую полосу частот предварительного усилителя на уровне примерно 50 кГц.

Оконечный усилитель (*У4*) — трехступенный, транзисторный. Выходная ступень выполнена по бестрансформаторной двухтактной последовательно-параллельной схеме на транзисторах *4Т4* и *4Т5*. В эмиттерные цепи транзис-

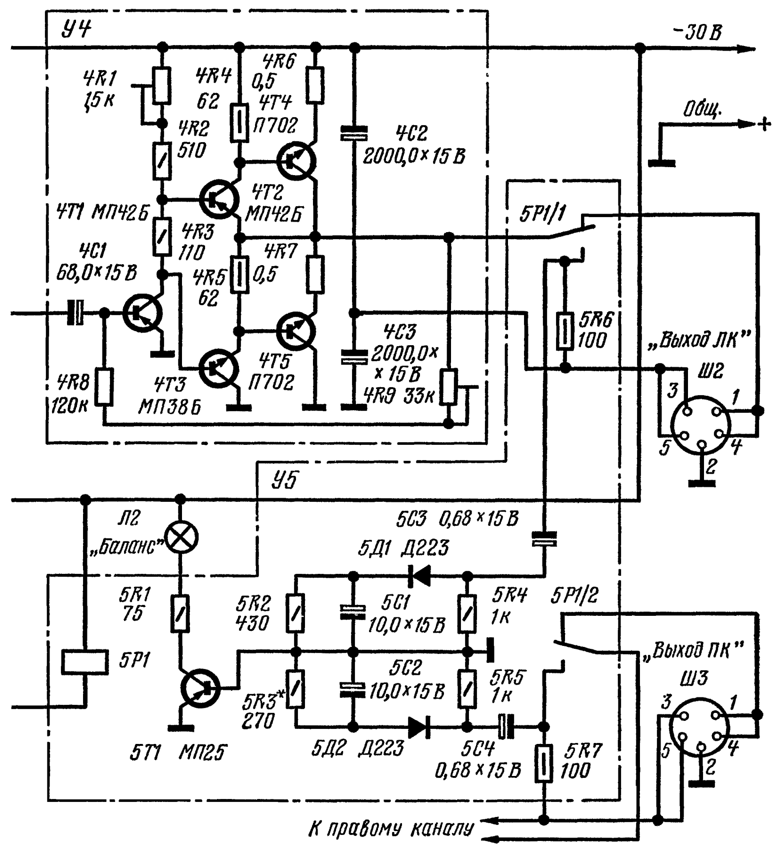



схема усилителя

торов включены ограничительные резисторы *4R6*, *4R7*, являющиеся одновременно элементами местной обратной связи. В фазоинверсной ступени (*4Т2*, *4Т3*) применены транзисторы различной структуры. Ток покоя выходных транзисторов устанавливают подстроечным резистором *4R1*.

Оконечный усилитель охвачен глубокой нечастотнозависимой обратной связью, при этом переменное напряжение с выхода усилителя через резисторы *4R8*, *4R9* поступает на базу транзистора *4Т1*. Эти же резисторы определяют режим первой ступени по постоянному току. Глубину обратной связи устанавливают подстроечным резистором

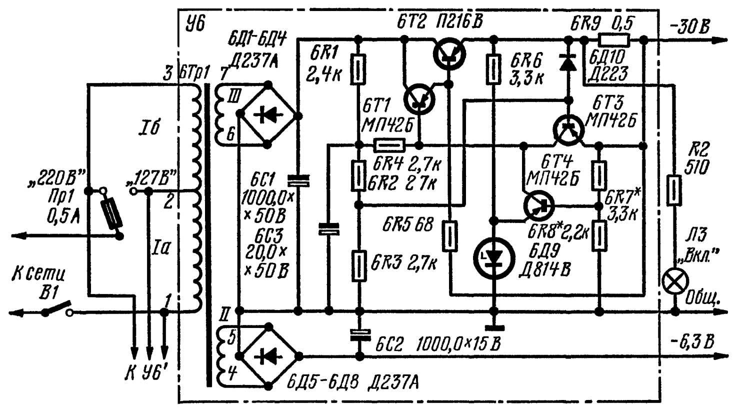



Рис. 2. Принципиальная схема блока питания

4R9. Из-за отсутствия реактивных элементов в цепях усиления и обратной связи усилитель сохраняет хорошие фазовые характеристики в широком интервале частот (30 Гц—100 кГц), что исключает возможность самовозбуждения усилителя на высших частотах рабочей полосы.

Глубокая обратная связь повышает стабильность режимов ступеней усилителя по постоянному току, уменьшает коэффициент нелинейных искажений, снижает выходное сопротивление усилителя. Последнее качество уменьшает критичность усилителя к величине сопротивления нагрузки. В табл. 1 приведена зависимость номинальной выходной мощности и тока, потребляемого от источника питания, от сопротивления нагрузки (на частоте 1 кГц при входном

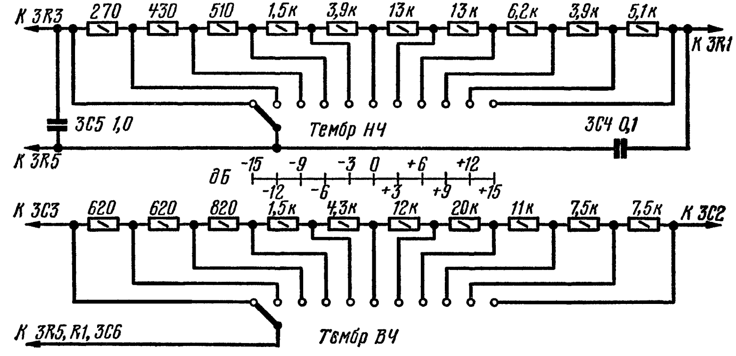



Рис. 3. Схема регуляторов тембра

напряжении 150 мВ). Следует отметить, что потребляемый ток при постоянном сопротивлении нагрузки не зависит от усиливаемой частоты в интервале от 30 Гц до 100 кГц.

Нагрузка оконечного усилителя включена в диагональ моста, образованного транзисторами *4Т4*, *4Т5* и конденсаторами *4С2*, *4С3*. Акустическая система подключается через контактную группу *5Р1/1* реле *5Р1* к выходу усилителя при помощи разъема *Ш2*. Зависимость коэффициента нелинейных искажений усилителя от выходной мощности при постоянном сопротивлении нагрузки, равном 4 Ом, показана в табл. 2.

*Таблица 1*

| Сопротивление нагрузки, Ом | 2,25 | 3,2 | 4,0 | 4,5 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Номинальная выходная мощность, Вт | 20 | 17 | 15 | 12 | 7 | 6 |
| Потребляемый ток, А | 1,3 | 1,1 | 1,0 | 0,8 | 0,5 | 0,4 |

Устройство коммутации (*У1*) стереоусилителя состоит из двух реле *1Р1*, *1Р2* и узла управления. Реле *1Р1* и *1Р2* предназначены для переключения входных цепей обоих каналов при работе усилителя в режимах «*Моно*» и «*Стерео*». Использование электромагнитных реле позволяет резко уменьшить длину проводников, несущих полезный сигнал. Это облегчает получение высоких значений переходного затухания между каналами и соотношения сигнал/помеха в каждом канале.

*Таблица 2*

| Выходная мощность, Вт | 0,5 | 1,0 | 3,0 | 5,0 | 10,0 | 12,0 | 15,0 | 20,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Коэффициент нелинейных искажений, % | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 10,0 |

Устройство контроля стереобаланса состоит из узла сравнения *У5* и *RC*-генератора на транзисторе *1Т1* (*У1*).

Реле *5Р1* служит для отключения акустических систем и подключения эквивалентов нагрузок на выходы усилителей в режиме контроля стереобаланса. Реле *1Р1*, *1Р2* и *5Р1* включаются с помощью двух кнопок — *Кн1* и *Кн2*. Сигнальная лампа накаливания *Л1* включена параллельно обмотке реле *1Р1* через ограничительный резистор *1R7*.

При включении усилителя в сеть узлы *У1* и *У5* находятся в исходном состоянии, при котором все реле обесточены, что соответствует режиму «*Моно*». В этом случае монофонический сигнал поступает одновременно на вход обоих каналов, которые оказываются включенными параллельно. Последовательное соединение контактов *1Р1/1* и *1Р1/2* реле *1Р1* способствует увеличению переходного затухания между каналами при работе усилителя в режиме «*Стерео*».

При кратковременном нажатии на кнопку *Кн1* открывается тиристор *1Д2*, срабатывает реле *1Р1* и на лицевой панели зажигается сигнальная лампа *Л1*. Контакты *1Р1/1* и *1Р1/2* размыкаются, разъединяя входы каналов,— усилитель переключается в режим «*Стерео*». Для обратного перехода в режим «*Моно*» следует кратковременно нажать на кнопку *Кн2*.

Для перехода в режим «*Контроль стереобаланса*» нажимают на кнопку *Кн2*. При этом реле *1Р1* обесточено, а к *RC*-генератору и реле *1Р2* и *5Р1* приложено питающее напряжение. Реле *1Р2*, срабатывая, контактами *1Р2/1* и *1Р2/2* отключает входную цепь и на оба входа усилителя через контакты *1Р2/2* с выхода *RC*-генератора поступает напряжение с амплитудой 0,15 В. Реле *5Р1* тоже срабатывает, отключая контактами *5Р1/1* и *5Р1/2* акустические системы от выходов каналов. Одновременно на узел сравнения *У5* поступают сигналы с эквивалентов нагрузки *5R6* и *5R7*.

Работа устройства контроля стереобаланса основана на сравнении амплитуд двух напряжений, противоположных по знаку. Эти напряжения образуются при детектировании диодами *5Д1* и *5Д2* синусоидальных сигналов частотой 1 кГц, снятых с эквивалентов нагрузки каналов.

*RC*-генератор выполнен на транзисторе *1Т1* по схеме с двойным *Т*-мостом в цепи обратной связи. Питается генератор от параметрического стабилизатора на стабилитроне *1Д1*.

Ступень на транзисторе *5Т1* представляет собой усилитель тока, собранный по схеме с общим эмиттером. На базу

транзистора через суммирующие резисторы *5R2* и *5R3* поступают сигналы с диодов *5Д1* и *5Д2*. Если усиление левого канала меньше, чем правого, то на базе транзистора *5Т1* результирующее напряжение будет отрицательным, он открывается, и загорается сигнальная лампа *Л2*. Постепенно уменьшая усиление правого канала, добиваются, чтобы сигнальная лампа *Л2* погасла — это соответствует равенству выходных напряжений обоих каналов. Резистор *5R1* ограничивает ток через лампу *Л2* при большом разбалансе усиления между каналами.

Устройство контроля стереобаланса нормально работает в широком интервале выходных напряжений (1—8 В), так как транзистор *5Т1* реагирует только на разностное напряжение, не реагируя на абсолютные значения напряжений, поступающих с диодов *5Д1* и *5Д2*. Устройство обеспечивает точность установки стереобаланса не хуже ± 5% при выходной мощности каждого канала от 0,25 до 15 Вт (при сопротивлении нагрузки 4 Ом).

Каждый канал стереоусилителя питается от отдельного стабилизатора (*У6*, рис. 2). Оба стабилизатора идентичны по схеме. В состав каждого стабилизатора входит свой силовой трансформатор. Максимальный ток нагрузки стабилизатора — 1 А. Регулирующая ступень стабилизатора выполнена составной на транзисторах *6Т1*, *6Т2*, а усилитель постоянного тока — на транзисторе *6Т4*. На транзисторе *6Т3* собрано устройство защиты от перегрузок и коротких замыканий на выходе стабилизатора.

Выпрямитель цепи накала лампы *2Л1* выполнен на диодах *6Д5—6Д8*. Сигнальная лампа *Л3* служит для индикации включения усилителя.

Усилитель собран на восьми печатных платах. Детали, смонтированные на той или иной плате, обведены на схеме (рис. 1) штрих-пунктирной линией. Предварительные усилители каналов смонтированы на общей плате *У2*. Детали и узлы, относящиеся к правому каналу (на схеме рис. 1 не показанному), помечены на платах штрихом, например *2С1'*, *2R3'*. Детали регуляторов тембров обоих каналов также размещены на общей плате *У3*, а также распаяны на выводах переключателей тембров. Оконечные усилители каналов смонтированы на двух одинаковых платах *У4* и *У4'*. Блок питания собран также на двух одинаковых платах *У6* и *У6'*. Чертежи печатных проводников плат и расположение деталей на платах показаны на рис. 4—9.

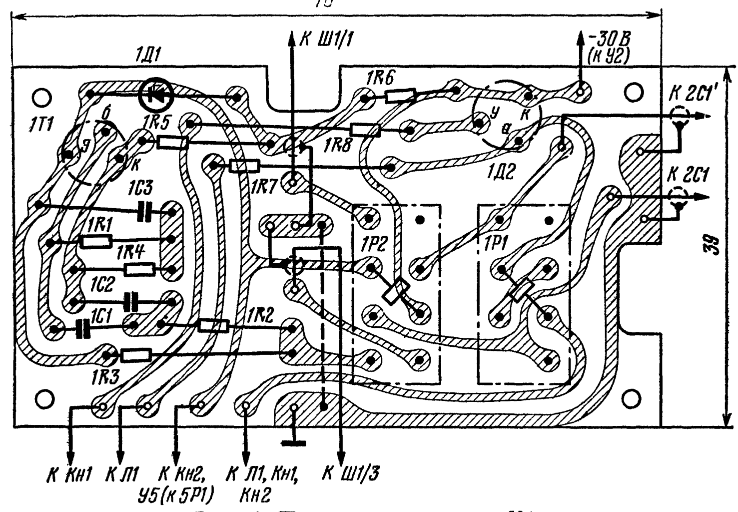



Рис. 4. Печатная плата узла *У1*

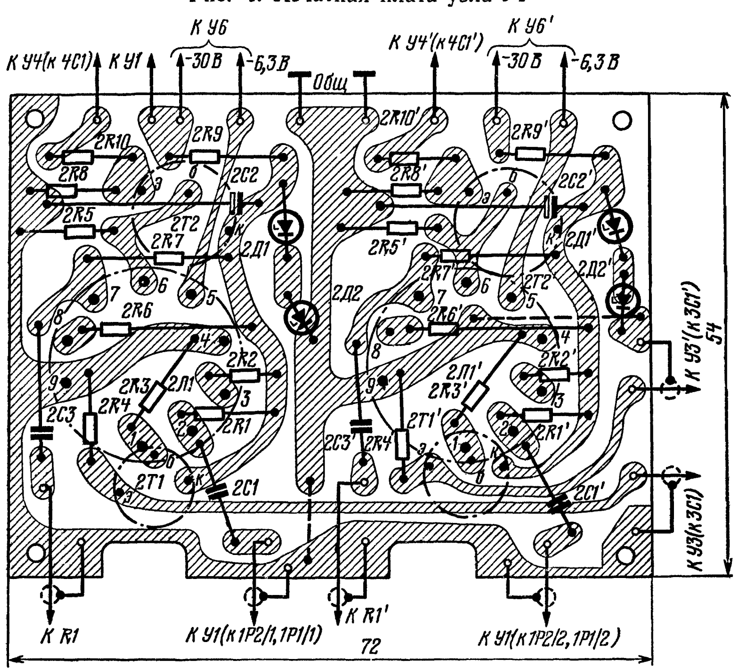



Рис. 5. Печатная плата узла *У2*

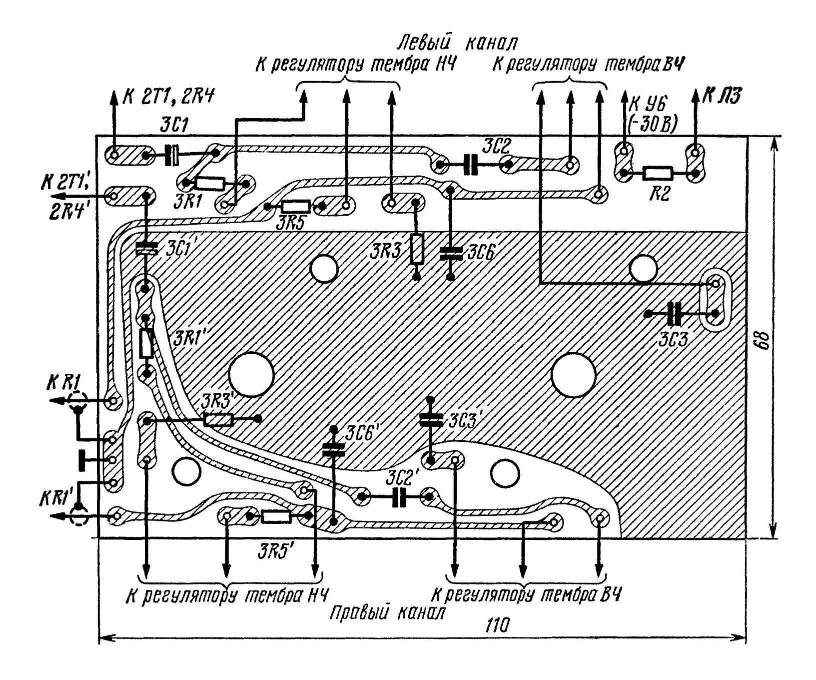



Рис. 6. Печатная плата узла *У3*

Все платы размещены на общем основании, изготовленном из дюралюминия толщиной 2 мм. К основанию прикреплены передняя и задняя панели. Расположение плат и других элементов на общем основании показано на рис. 10. Регуляторы усиления и тембров, кнопки управления и сигнальные лампы размещены на передней панели, а на задней — входной и выходные разъемы, держатель предохранителя (он же переключатель напряжения сети) и выключатель сети. Для защиты от электрических наводок платы *У1—У3* и регуляторы усиления заключены в общий секционированный экран.

Плата *У2* установлена печатными проводниками вверх. Ламповые панели припаяны со стороны печатных проводников, при этом между платой и панелями должен быть промежуток в 2—3 мм. На лампы надеты алюминиевые экраны. Плата *У3* конструктивно расположена вертикально между галетами переключателей регулировки тембра и является

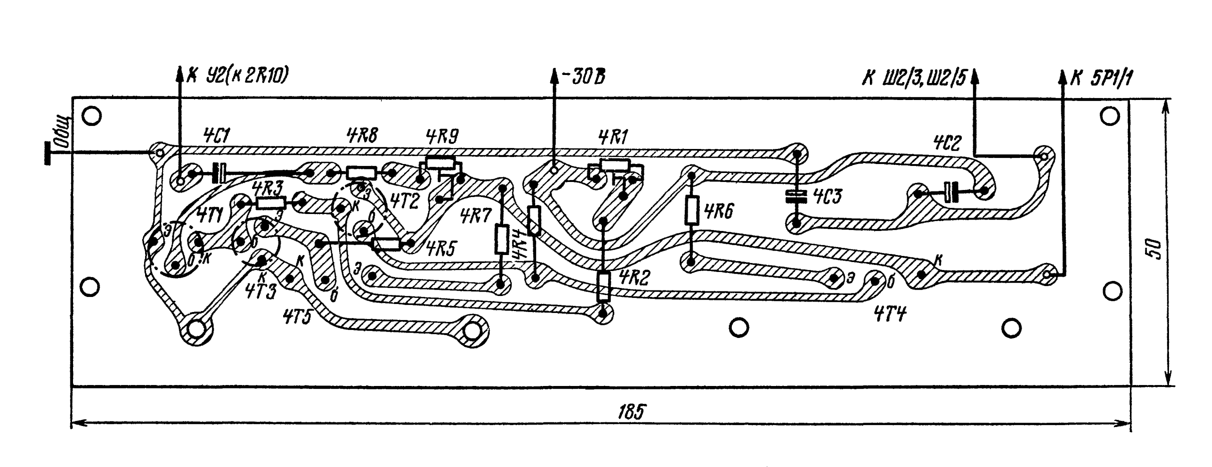



Рис. 7. Печатная плата узла *У4*

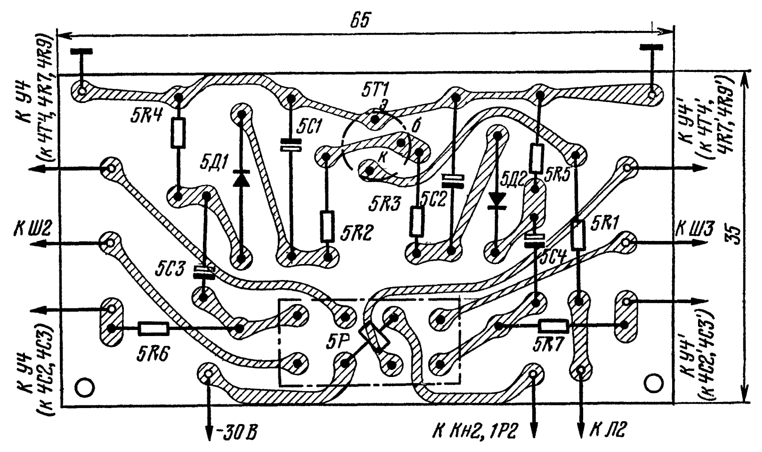



Рис. 8. Печатная плата узла *У5*

экраном между деталями, относящимися к правому и левому каналам. На плате *У3* размещен резистор *R2*, ограничивающий ток лампы *Л3*.

Выходные транзисторы оконечных усилителей каналов устанавливают на ребристые радиаторы площадью около 200 см² каждый, которые крепят к платам *У4* и *У4'* (см. рис. 10). Регулирующие транзисторы источников питания снабжены радиаторами площадью 100—120 см², прикрепленными к платам *У6* и *У6'*.

Силовые трансформаторы — тороидального типа, укреплены на платах *У6* и *У6'*. Сердечник — ОЛ 32/50—20. Обмотка *Iа* содержит 1070 витков провода ПЭВ-2 0,38, *Iб* — 780 витков ПЭВ-2 0,31, *II* — 55 витков ПЭВ-2 0,51, *III* — 280 витков ПЭВ-2 0,74. Все реле типа РЭС-47, паспорт РФ4.500.408. Можно применить и другие реле, например, РЭС-6, РЭС-9 и другие, рассчитанные на срабатывание при напряжении 27—30 В.

Основание с установленными на нем узлами и деталями усилителя помещено в корпус из фанеры толщиной 3—5 мм. Для улучшения теплообмена в днище корпуса сделан прямоугольный вырез, закрытый дюралюминиевой пластиной с отверстиями.

С описываемым усилителем используются малогабаритные акустические колонки «Видеотон» (ВНР) с полным сопротивлением 4 Ом Хорошие результаты получены также при использовании отечественных акустических систем

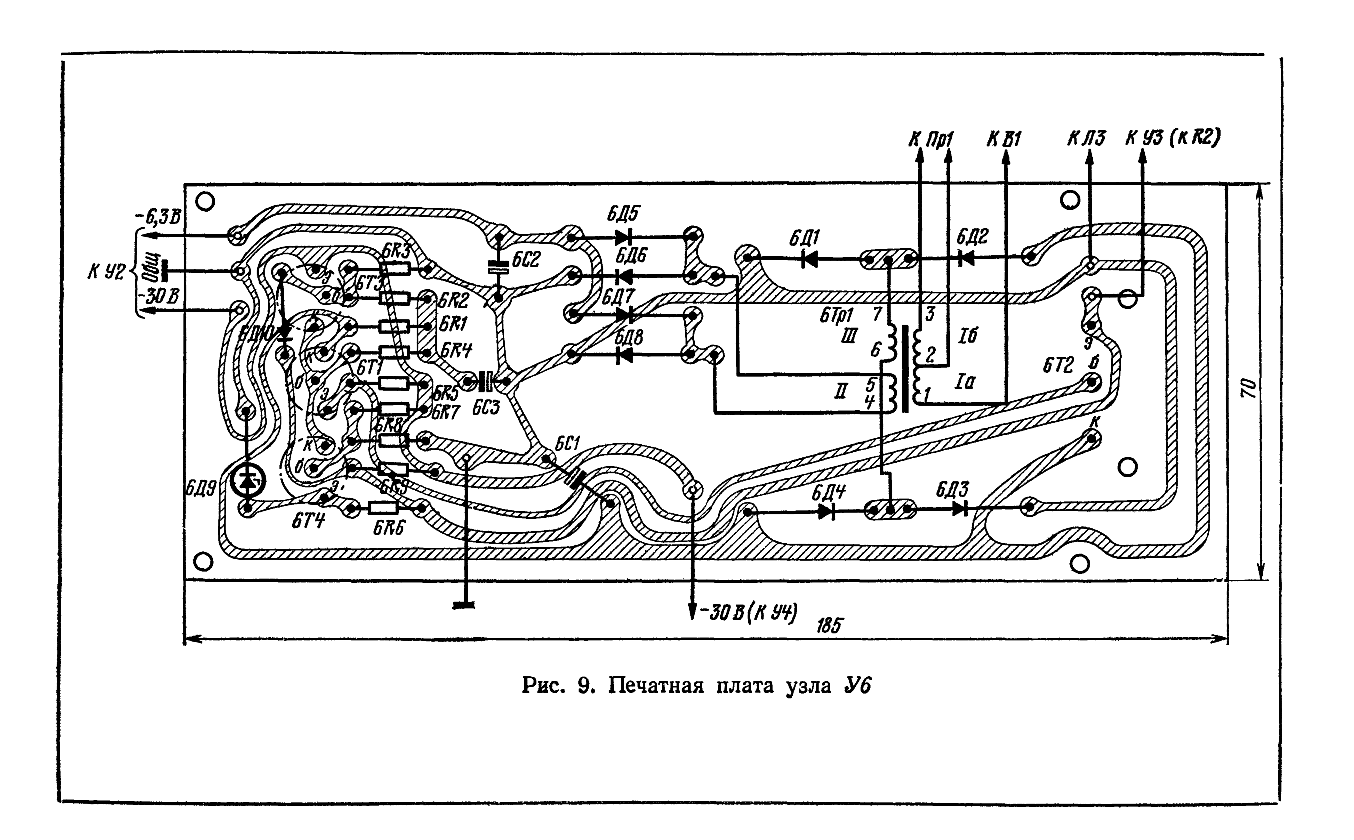



Рис. 9. Печатная плата узла *У6*

10МАС-1, однако в этом случае номинальная мощность усилителя не превышает 7—8 Вт. При самостоятельном изготовлении акустических систем следует использовать в каждой из них по две динамические головки 6ГД-2, включенные параллельно, и одну 3ГД-36 (3ГД-31), включенную через конденсатор емкостью 1 мкФ. Полное сопротивление такой системы примерно 4 Ом.

Налаживание усилителя начинают с проверки работы блоков питания. Выходное напряжение стабилизатора устанавливают на уровне 30 ± 0,5 В, подбирая резисторы *6R7*, *6R8*. Оно не должно изменяться и при токе нагрузки до 1,1 А. Напряжение пульсаций переменного тока на выходе стабилизатора не должно превышать 4,5 мВ. Затем проверяют работу устройства защиты путем замыкания выходных зажимов стабилизатора; после устранения короткого замыкания номинальное напряжение на выходе должно восстановиться.

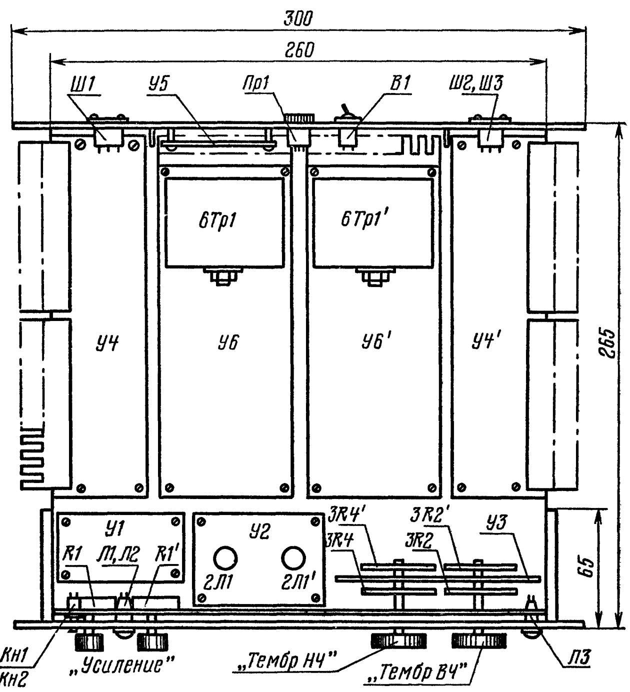



Рис. 10. Расположение плат и других элементов усилителя на общем основании

Ток покоя выходной ступени оконечного усилителя должен быть в пределах 30—50 мА, что контролируют по миллиамперметру, включенному последовательно с резистором *6R9* стабилизатора. Ток покоя устанавливают резистором *4R1* при замкнутых входных зажимах усилителя. Симметрируют выходную ступень по питающему напряжению подбором резистора *4R6*.

Предварительный усилитель при правильно выполненном монтаже регулировки не требует. На вход от звукового генератора подают входной сигнал номинального напряжения частотой 1 кГц и с помощью осциллоскопа контролируют форму колебаний на выходе первой и второй ступеней усиления. Искажений не должно наблюдаться. Регуляторы тембров при этом должны находиться в среднем положении. Соединяют электрически предварительный и оконечный усилители и измеряют номинальную выходную мощность канала.

Далее проверяют работу устройств коммутации и контроля стереобаланса. Устройство коммутации работает правильно, если в режиме «*Моно*» (сигнальная лампа *Л1* не горит) при подаче входного сигнала поочередно к гнездам *1*, *3* разъема *Ш1* выходные сигналы прослушиваются на выходе обоих каналов одновременно, а в режиме «*Стерео*» — только на выходе соответствующего канала.

Устанавливают временную перемычку между замыкающими контактами кнопки *Кн2* и проверяют работу *RC*-генератора устройства контроля стереобаланса. Налаживание *RC*-генератора сводится к проверке синусоидальности колебаний на его выходе, установке частоты (1 кГц) и выходного напряжения (0,15 В) резисторами *1R2*, *1R3*.

При регулировке устройства контроля стереобаланса удобно пользоваться милливольтметром постоянного тока, который подключают к базе транзистора *5T1*. Контролируют результирующее напряжение на базе транзистора *5T1* в момент погасания лампы *Л2*. Оно должно быть равно 0,1—0,15 В при различных значениях выходных напряжений в каждом канале. Параллельно эквиваленту нагрузки *5R6* подключают ламповый вольтметр переменного тока (или авометр) с пределом измерений 10 В. Нажимают на кнопку *Кн2* и, удерживая ее в нажатом положении, регулятором усиления левого канала устанавливают выходное напряжение, равное 3 В. Затем вращают ручку регулятора усиления правого канала до тех пор, пока сигнальная лампа

*Л2* загорится полным накалом, что должно соответствовать напряжению на базе транзистора *5Т1* примерно 0,3—0,5 В. Плавно уменьшают усиление правого канала до момента погасания лампы *Л2.* Напряжения на выходах каналов (на резисторах *5R6* и *5R7*) не должны отличаться одно от другого более чем на 5%. В противном случае подбирают резистор *5R3*. Повторяют проверку при выходных напряжениях каналов 1 и 7 В.

## МОЩНЫЙ ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ НЧ

**В. Шушурин,**
**г. Львов**

Усилитель предназначен для ансамбля электромузыкальных инструментов, но может быть использован и для усиления музыкальных и речевых программ одновременно по трем каналам. Усилитель обеспечивает раздельную регулировку усиления и коррекцию частотной характеристики каждого канала. В качестве источников сигналов могут быть использованы микрофон, струнные и клавишные ЭМИ, звукосниматель, магнитофон и другие. При подключении клавишного ЭМИ (или звукоснимателя, магнитофона) отключается соответствующий микрофонный вход. При работе во всех перечисленных режимах к усилителю может быть подключен ревербератор.

Усилитель имеет следующие технические характеристики:

| | |
|---|---|
| Выходная мощность на нагрузке 4 Ом, Вт, не менее . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 50 |
| Входные напряжения на частоте 1 кГц, мВ эфф.: | |
| на входах микрофонов . . . . . . . . | 0,005 |
| на входах электрогитар . . . . . . . | 0,05 |
| на входе электрооргана . . . . . . . . | 250 |
| на входе ревербератора . . . . . . . . | 500 |
| Выходное напряжение на частоте 1 кГц на выходе для подключения громкоговорителей (нагрузка 4 Ом), В эфф. . . . . . . . . . . . | 14,2 |
| Коэффициент нелинейных искажений, %, не более . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| Полоса рабочих частот по электрическому каналу, Гц . . . . . . . . . . . . . . . . . | 20—20000 |

Неравномерность частотной характеристики в полосе рабочих частот относительно уровня на частоте 1 кГц (по электрическому каналу), дБ, не более . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . —3

Полоса рабочих частот по звуковому давлению, Гц . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 45—18 000

Неравномерность частотной характеристики по звуковому давлению в полосе рабочих частот относительно уровня на частоте 1 кГц, дБ, не более 14

Глубина коррекции частотных характеристик на частоте 20 Гц относительно уровня на частоте 1 кГц, дБ:

канальными регуляторами тембра низших частот . . . . . . . . . . . . . . . . . . 14
общим регулятором коррекции . . . . 14
фильтром низших частот . . . . . . . 28

Глубина коррекции частотных характеристик на частоте 20 кГц относительно уровня на частоте 1 кГц, дБ:

канальными регуляторами тембра высших частот . . . . . . . . . . . . . . . . . . 13
общим регулятором коррекции . . . . 13
фильтром высших частот . . . . . . . 14

Глубина регулировки усиления, дБ . . . 70

Входные сопротивления на частоте 1 кГц, Ом:

на входах микрофонов . . . . . . . . 750
на входах электрогитар . . . . . . . 7500
на входе электрооргана . . . . . . . . 300 000
на входе ревербератора . . . . . . . 7500

Выходные сопротивления на частоте 1 кГц, Ом:

на выходе для подключения громкоговорителей . . . . . . . . . . . . . . . . . 0,3
на выходе для подключения ревербератора 100

Взаимное влияние регуляторов усиления микшеров, дБ, не более . . . . . . . . . . 1,5

Уровень собственных шумов при выходной мощности 35 Вт, дБ:

с микрофонного входа . . . . . . . . . —55
со входа электрогитар . . . . . . . . . —55
со входа электрооргана . . . . . . . —70

Усилитель питается от сети 127/220 В ± 10%. Мощность, потребляемая от сети в режиме максимального усиления, около 100 Вт.

На рис. 1 показана структурная схема усилителя. Входные сигналы поступают одновременно на три отдельных идентичных канала усиления, каждый из которых состоит из предварительного *1* и корректирующего *2* усилителей и регуляторов усиления *3*, образующих микшерные устройства. С выхода микшера *3* сигнал через эмиттерный повторитель *4* поступает на общий корректирующий усилитель *5*. Далее через регулятор усиления *6* сигнал поступает на промежуточный усилитель *7*, а с него — на фильтр *8*.

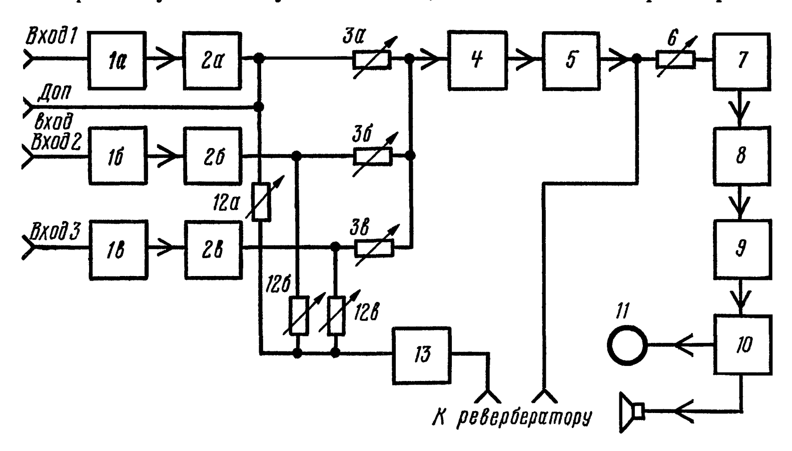



Рис. 1. Структурная схема усилителя

Фильтр высших частот служит для повышения устойчивости усилителя при работе в акустически неблагоприятных условиях, а также для некоторого уменьшения уровня шумов, фильтр низших частот — для устранения низкочастотных акустических помех (звуков шагов по сцене и пр.).

С фильтров сигнал через согласующий эмиттерный повторитель *9* поступает на усилитель мощности *10*, нагруженный двумя включенными параллельно акустическими системами общей мощностью 50 Вт.

Выходная мощность усилителя зависит от сопротивления нагрузки. Так, если при параллельном включении двух акустических систем выходная мощность равна 50 Вт, то при подключении одной системы она уменьшается примерно до 20 Вт. Это свойство усилителя оказывается удобным при озвучивании помещений небольших размеров, когда не требуется работа на больших уровнях мощности.

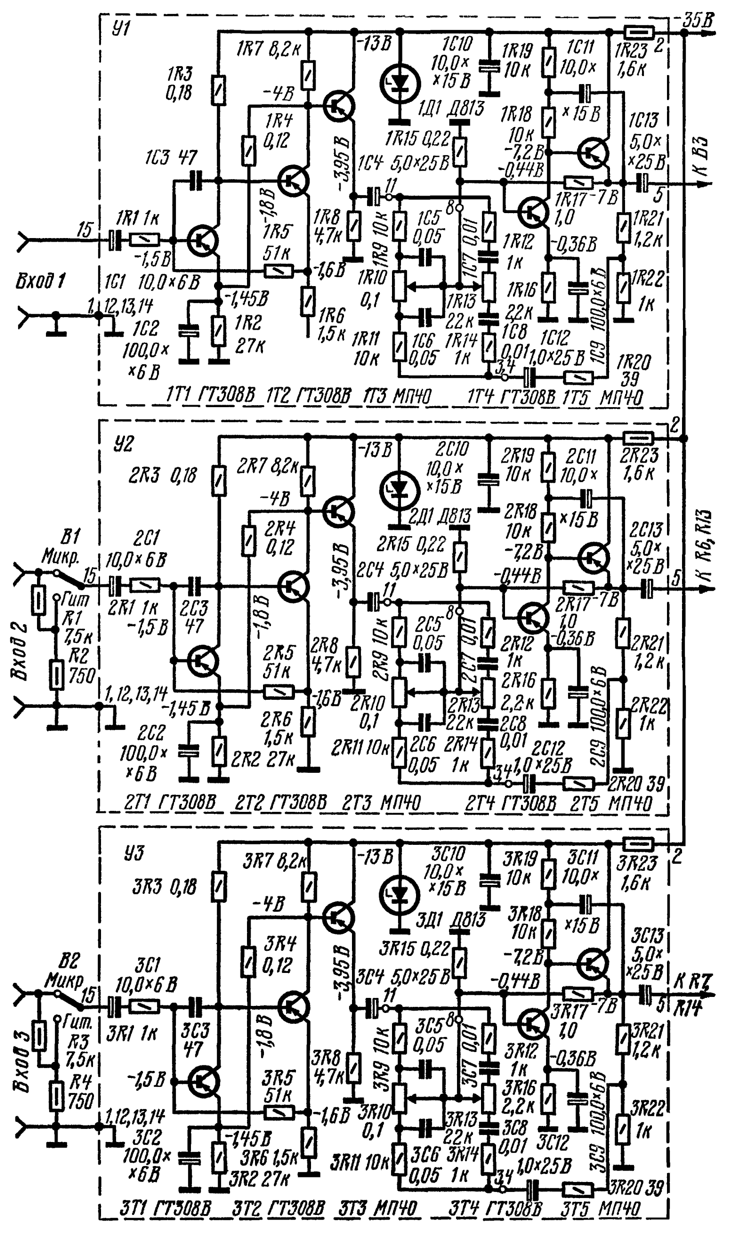


Рис. 2. Принципиальная схема предварительных усилителей

Принципиальная схема усилителя изображена на рис. 2—4. На вход *1* усилителя можно подавать сигнал только от микрофона, а на второй и третий — как от микрофонов, так и от электрогитар в зависимости от положения переключателей входов *В1* и *В2*. Переключателем *В3* можно соединять с основным усилительным трактом либо первый микрофонный канал, либо дополнительный вход, предназначенный для подключения электрооргана.

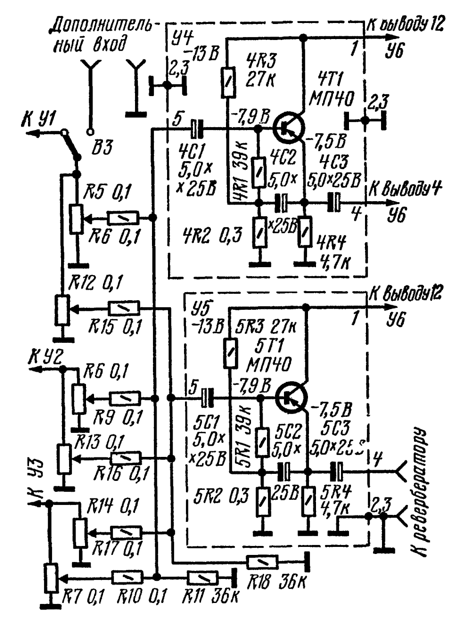



Рис. 3. Принципиальная схема микшеров и эмиттерных повторителей

Предварительные усилители *У1—У3* совершенно одинаковы. Они выполнены на транзисторах по схеме с непосредственной связью между ступенями. Такая связь позволяет резко снизить фазовые и частотные искажения усиливаемого сигнала. Для стабилизации режима работы первые две ступени охвачены глубокой отрицательной обратной связью по постоянному и переменному току. Повышению устойчивости и снижению уровня различных высокочастотных составляющих в области частот выше 15—20 кГц способствует и введение цепочки обратной связи с коллектора на базу транзистора *1Т1* через постоянный конденсатор *1С3*.

С выхода второго каскада усиленный сигнал через согласующий эмиттерный повторитель, собранный на транзисторе *1Т3*, поступает на регуляторы тембра. Переменный резистор *1R10* служит для корректировки частотной характеристики усилителя в области низших частот, а *1R13* —

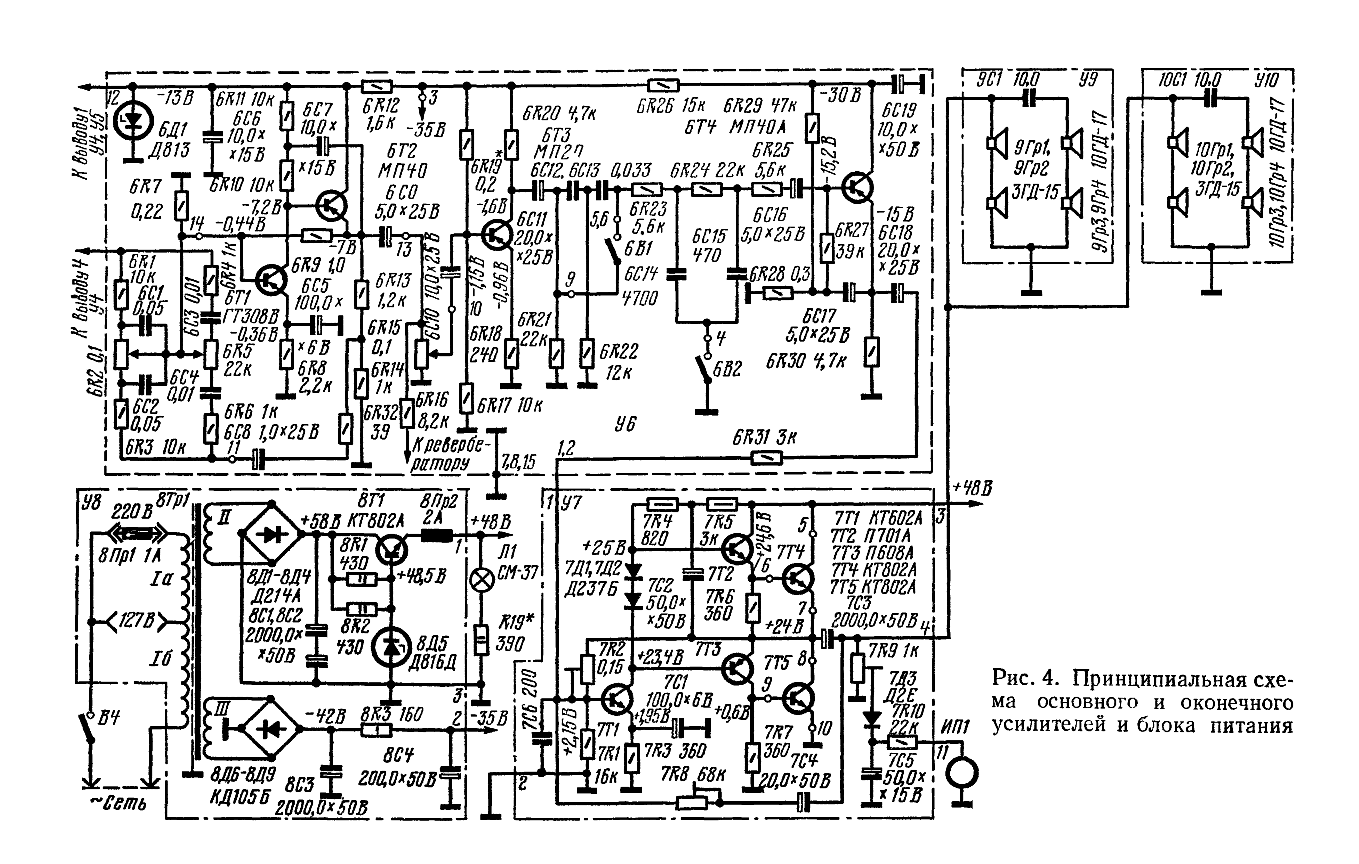



Рис. 4. Принципиальная схема основного и оконечного усилителей и блока питания

в области высших. Резисторы *1R12*, *1R14* снижают усиление на ультразвуковых частотах, что также повышает стабильность работы усилителя. Для компенсации ослабления сигнала, вносимого регуляторами тембра, служит ступень на транзисторе *1T4*, нагруженная эмиттерным повторителем на транзисторе *1T5*. С части нагрузки (с резистора *1R22*) эмиттерного повторителя сигнал через цепочку *1R20*, *1C12* снова поступает на регуляторы тембра, образуя таким образом кольцо регулируемой по частоте обратной связи, охватывающей ступени на транзисторах *1T4* и *1T5*, в которой частотнозависимым элементом являются элементы регуляторов тембра.

С выходов всех трех эмиттерных повторителей предварительных усилителей *У1—У3* сигналы поступают на два микшерных устройства, состоящих из двух групп резисторов *R5—R11* и *R12—R18*. Выход первого из микшеров подключен через эмиттерный повторитель *У4*, выполненный на транзисторе *4T1*, ко входу усилителя основного канала, а выход второго через такой же эмиттерный повторитель *У5* — к гнездам для включения реверберэтора. С помощью микшеров можно устанавливать необходимое соотношение между уровнями сигналов, поступающих от предварительных усилителей, или при необходимости полностью отключать сигнал с одного или нескольких каналов.

Усилитель основного канала состоит из узлов *У6* и *У7*. В состав усилителя-корректора *У6* входит корректирующий усилитель на транзисторах *6T1* и *6T2* и регулятор усиления (переменный резистор *6R15*). С движка этого резистора сигнал поступает на усилительную ступень, выполненную на транзисторе *6T3* по схеме с эмиттерной стабилизацией. Отрицательная обратная связь по току за счет резистора *6R18* в цепи эмиттера транзистора стабилизирует коэффициент усиления, а также уменьшает нелинейные и частотные искажения сигнала.

На выходе узла *У6* включены фильтры низших и высших частот и выходной эмиттерный повторитель. Фильтр низших частот представляет собой двухзвенную *RC* цепочку *6C12*, *6R21*, *6C13*, *6R22*. Фильтр высших частот состоит из резисторов *6R23*, *6R24*, *6R25* и конденсаторов *6C14*, *6C15*. Фильтры включаются выключателями *6B1* и *6B2*. В указанном на схеме положении переключателей фильтр низших частот включен, а высших — выключен. Эмиттер-

ный повторитель, выполненный на транзисторе *6Т4*, служит для согласования усилителя-корректора с оконечным усилителем *У7*.

Оконечный усилитель собран на транзисторах *7Т1—7Т5*. Выходная ступень выполнена по двухтактной бестрансформаторной схеме с положительной обратной связью по питанию. Глубокая отрицательная обратная связь по переменному току (через цепочку *7R8*, *7С4*) позволяет значительно уменьшить нелинейные искажения, возникающие из-за неидентичности транзисторов пар *7Т2* и *7Т3*, *7Т4* и *7Т5*, а также из-за нелинейности их входных и выходных характеристик.

Начальное смещение на транзисторы выходной ступени определяется диодами *7Д1* и *7Д2*, которые обеспечивают также и температурную стабилизацию. В усилитель введен измеритель *ИП1* отдаваемой в нагрузку мощности, который также служит индикатором перегрузки.

Блок питания *У8* усилителя состоит из силового трансформатора, двух отдельных выпрямителей и стабилизатора. Один из выпрямителей (*8Д1—8Д4*) со стабилизатором на транзисторе *8Т1* предназначен для питания транзисторов оконечного усилителя. Источником опорного напряжения стабилизатора является стабилитрон *8Д5*. Максимальный ток, потребляемый оконечным усилителем, не превышает 1,25 А. Для защиты стабилизатора от перегрузок предусмотрен предохранитель *8Пр2*. Лампа *Л1* служит индикатором включения усилителя. Второй выпрямитель предназначен для питания остальных узлов усилителя. Выходное напряжение этого выпрямителя 35 В при токе нагрузки около 60 мА.

Совместно с усилителем работают две одинаковые акустические системы (*У9* и *У10*) закрытого типа. В каждой установлено по четыре динамические головки: две 10ГД-17 и две 3ГД-15. Головки 10ГД-17 воспроизводят низшие и средние частоты, а 3ГД-15 — высшие. Ящики систем изготовлены из древесностружечных плит толщиной 20 мм и оклеены декоративной пленкой. Размеры каждой системы 880 × 560 × 35 мм. Съемная задняя стенка изготовлена из того же материала и плотно привинчена к ящику. Для

Рис. 5. Печатная плата предварительного усилителя

улучшения демпфирования подвижных систем головок на задних стенках систем размещена панель акустического сопротивления (ПАС), выполненная по рекомендациям, приведенным в журнале «Радио», 1969, № 4, с. 27—28. Суммарная площадь отверстий ПАС составляет примерно 450 см² (200 отверстий диаметром 16 мм). Высокочастотные головки закрыты пластмассовыми колпаками.

Конструктивно усилитель выполнен по функционально-блочному принципу и состоит из следующих основных блоков: трех блоков предварительных усилителей, двух эмиттерных повторителей, усилителя-корректора, оконечного усилителя, блока питания и передней панели с установленными на ней органами управления. На рис. 5—7 показаны чертежи печатных плат и расположение деталей на них для предварительного усилителя, эмиттерного повторителя и основного усилителя-корректора соответственно. Все блоки размещены на общем основании из листового текстолита толщиной 5 мм. Блок питания и оконечный усилитель собраны на отдельных дюралюминиевых шасси, установленных на общем основании. Вид усилителя без кожуха показан на рис. 8.

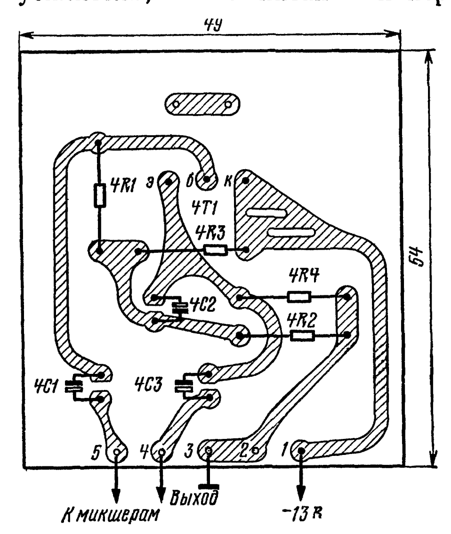


Рис. 6. Печатная плата эмиттерного повторителя

Транзисторы выходной ступени (*7T4* и *7T5*) установлены на общем радиаторе, чертеж которого показан на рис. 9, *а*. На рис. 9, *б* показан чертеж радиатора транзистора *8T1* стабилизатора блока питания. Передняя панель выполнена из дюралюминиевой пластины толщиной 4 мм. На ней расположены все регуляторы усиления и коррекции частотных характеристик с относящимися к ним деталями, переключатели входов, выключатель питания, переключатели

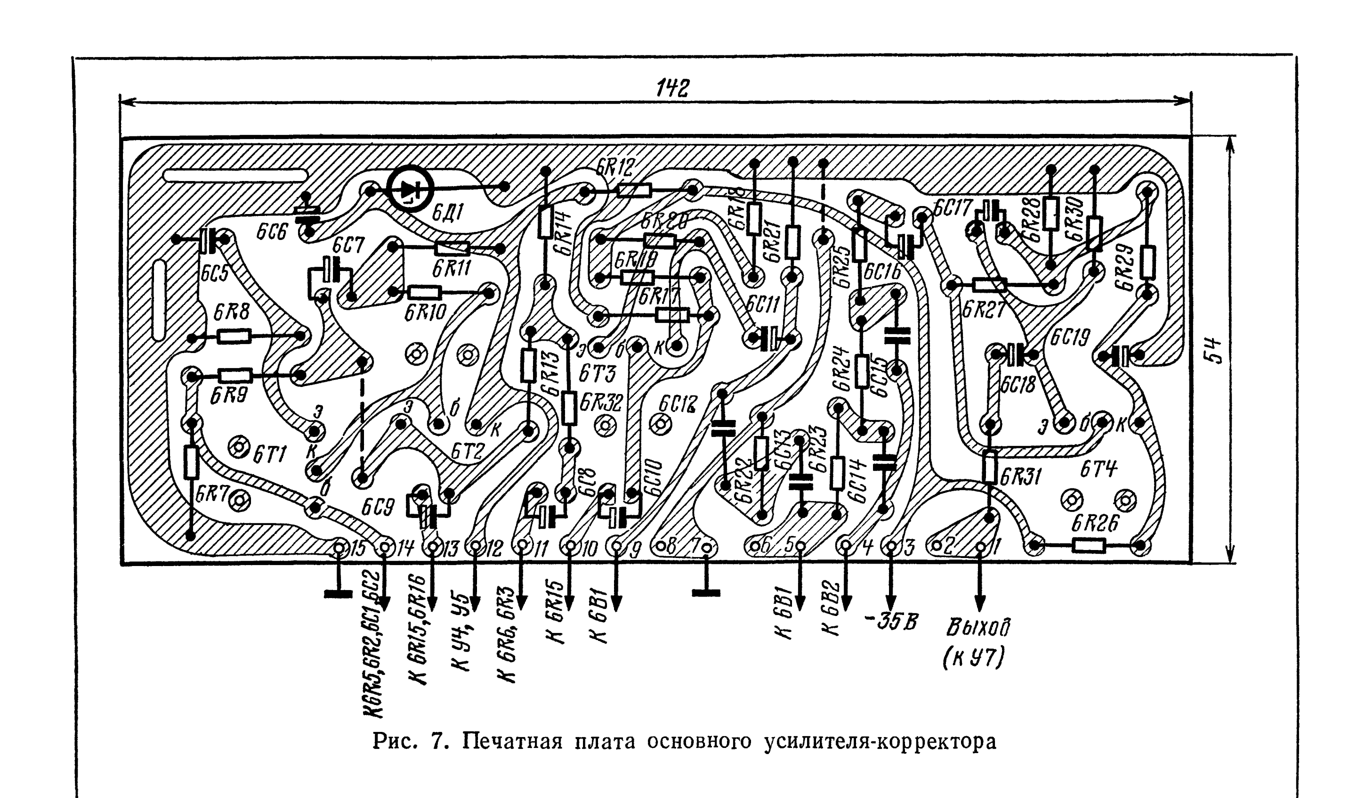



Рис. 7. Печатная плата основного усилителя-корректора

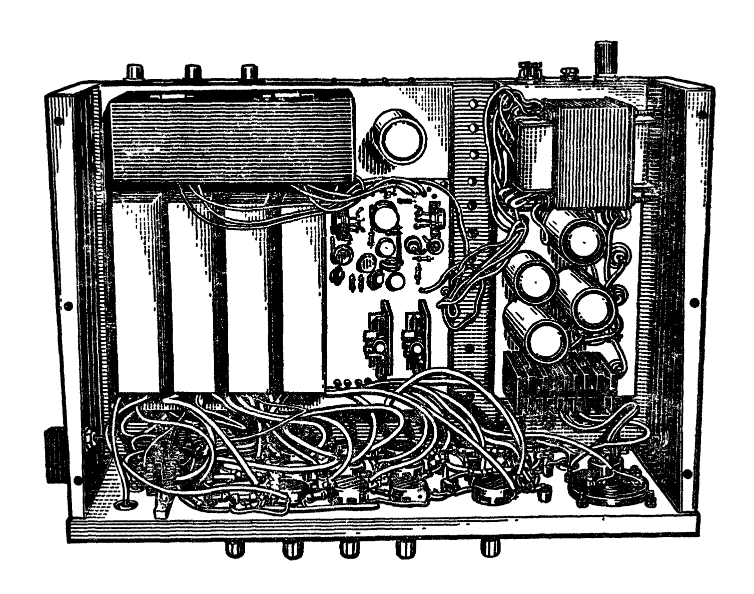


Рис. 8. Вид усилителя без кожуха

фильтров, входные разъемы, лампа — индикатор включения сети, а также стрелочный прибор *ИП1*. На заднюю стенку шасси оконечного усилителя выведены разъемы для подключения ревербератора, органа, а также акустических систем. Кожух усилителя П-образной формы изготовлен из стального листа толщиной 1,5 мм. Внешний вид усилителя показан на рис. 10.

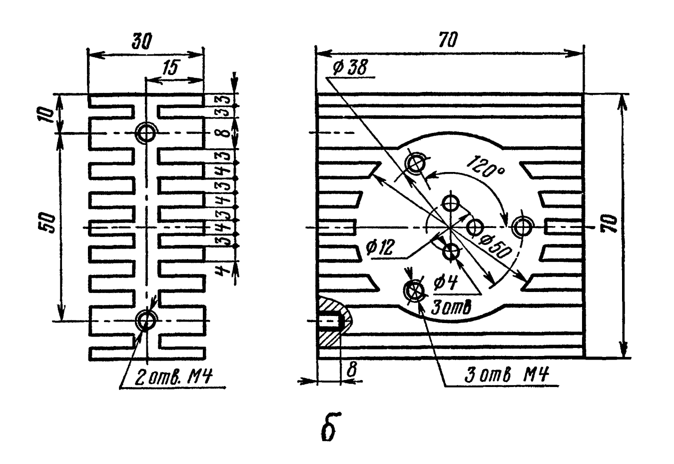
В усилителе применены постоянные резисторы МЛТ, подстроечные — СП3-1б, переменные ругуляторов усиления — СП3-12 с характеристикой типа В, а регуляторов тембра — СП-1 с характеристикой типа А. Конденсаторы — КТ-1, КАС, МБМ; электролитические К50-3, К50-6.

Силовой трансформатор *8Тр1* намотан на сердечнике Ш20 × 50. Площадь окна 20 × 50 мм$^2$. Обмотка *Iа* содержит 481 виток провода ПЭВ-1 0,65, обмотка *Iб* — 353 витка ПЭВ-1 0,49, *II* — 170 витков ПЭВ-1 0,96, *III* — 132 витка ПЭВ-1 0,18. Экранирующая обмотка содержит один слой провода ПЭВ-1 0,2.

Разъемы для подключения акустических систем — унифицированные, СГ-3. Остальные разъемы — СР50-74П. Пре-

164
6 отв М4
φ 38
6 отв. φ4
φ12
84
44
76
φ 50
4 6 4 6 4
10
60
2 отв М4
глуб. 8
12
140

а




б

Рис. 9. Радиаторы мощных транзисторов усилителя

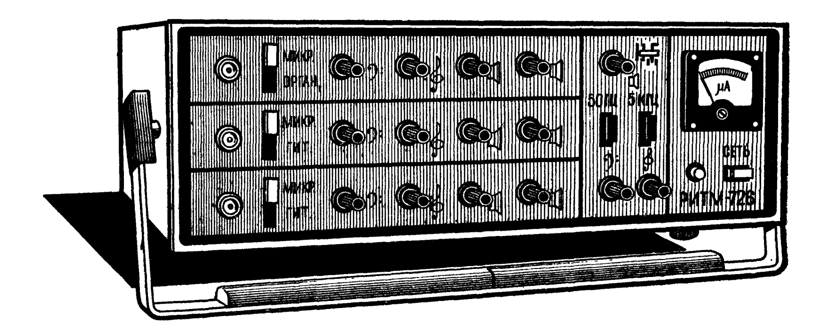



Рис. 10. Внешний вид мощного усилителя НЧ

дохранитель *8Пр2* — быстродействующий, ВП-1. Индикатором включения усилителя служит лампа СМ-37. Стрелочный прибор использован типа М592 с током полного отклонения стрелки 100 мкА; возможно применение любых приборов с током полного отклонения стрелки до 500 мкА.

## РАСЧЕТ МНОГООБМОТОЧНОГО ФЕРРОРЕЗОНАНСНОГО СТАБИЛИЗАТОРА

**В. Кислов,**
**г. Москва**

В журнале «Радио», 1967, № 8 на с. 26—27 была опубликована статья, где на рис. 3 была показана новая схема феррорезонансного стабилизатора. Одним из преимуществ этого стабилизатора по сравнению с общеизвестными, имеющими компенсационную обмотку, является возможность получения от него нескольких выходных напряжений. Иными словами, стабилизатор способен одновременно выполнять также и функции силового трансформатора.

Например, можно построить телевизор без силового трансформатора, а все необходимые для его питания переменные напряжения получать от стабилизатора, соединенного с телевизором многопроводным кабелем. Стабилизатор можно и встроить в футляр телевизора вместо силового трансформатора, но в этом случае стабилизатор должен быть помещен в экранирующую коробку из достаточно толстой листовой стали с высокой магнитной проницаемостью. При использовании такого многообмоточного стабилизатора в качестве силового трансформатора отпадает необходимость в фильтре нечетных гармоник, несмотря на некоторую несинусоидальность выходных напряжений, так как напряжения для цепей накала снимаются с отдельных обмоток.

Ниже приведен практический пример расчета многообмоточного стабилизатора для радиоаппаратуры.

Схема стабилизатора показана на рис. 1. Стабилизатор состоит из параллельной цепочки *Др1С1* и трансформатора *Тр1*. Пусть напряжение сети изменяется в пределах от $U_{вх.мин} = 140$ В до $U_{вх.макс} = 240$ В, а выходные (стабильные) напряжения и токи вторичных обмоток соответственно равны $U_2 = 270$ В; $I_2 = 0,5$ *А*; $U_3 = 6,4$ В; $I_3 = 4$ А; $U_4 = 6,4$ В; $I_4 = 2$ А.

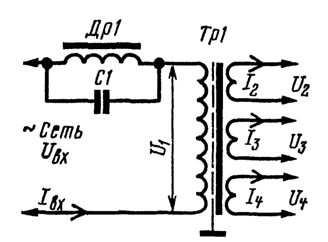



Рис. 1. Принципиальная схема стабилизатора

Обмотка с числом витков $w_2$ питает выпрямитель. Она может иметь вывод от середины для питания второго выпрямителя. Величины напряжения $U_2$ и тока $I_2$ берут из расчета выпрямителей, предшествующего расчету стабилизатора. Обмотки $w_3$ и $w_4$ предназначены для питания цепей накала. Могут быть предусмотрены и другие вторичные обмотки.

Выходную мощность стабилизатора определяют как сумму мощностей всех вторичных обмоток: $P_{вых} = U_2 \cdot I_2 + U_3 \cdot I_3 + U_4 \cdot I_4 = 270 \cdot 0{,}5 + 6{,}4 \cdot 4 + 6{,}5 \cdot 2 = 173$ Вт.

Принимая КПД стабилизатора $\eta = 0{,}8$ и коэффициент мощности $\cos\varphi = 0{,}7$, находят входной ток стабилизатора:

$$I_{вх} = \frac{P_{вых}}{U_{вх\,мин} \cdot \eta \cdot \cos\varphi} = \frac{173}{140 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}7} = 2{,}2\,A.$$

Напряжение $U_1$ первичной обмотки трансформатора *Тр1* можно выбирать различным. Хорошие результаты получаются при $U_1 = (1{,}5 - 1{,}7)\,U_{вх.мин}$. Поэтому выбираем $U_1 = 220$ В.

Ток и сопротивление нагрузки, приведенные к первичной обмотке трансформатора,

$$I_н = \frac{P_{вых}}{\eta \cdot U_1} = \frac{173}{0{,}8 \cdot 220} = 0{,}98\,A;$$

$$R_н = \frac{U_1}{I_н} = \frac{220}{0{,}98} = 224 \text{ Ом}.$$

Реактивное сопротивление первичной обмотки трансформатора

$$X_1 = \frac{U_1}{\sqrt{I_{вх}^2 - I_н^2}} = \frac{220}{\sqrt{2{,}2^2 - 0{,}98^2}} = 110 \text{ Ом}.$$

Минимальное реактивное сопротивление цепочки *Др1С1* при минимальном входном напряжении

$$X_{мин} = \frac{R_н^2 \cdot X_1 + \sqrt{\left[\frac{U_{вх\cdot мин}}{I_{вх}}(X_1^2 + R_н^2)\right]^2 - (R_н \cdot X_1)^2}}{X_1^2 + R_н^2} =$$

$$= \frac{224^2 \cdot 110 + \sqrt{\left[\frac{140}{2{,}2}(110^2 + 224^2)\right]^2 - (224 \cdot 110)^2}}{110^2 + 224^2} = 139 \text{ Ом},$$

Максимальное реактивное сопротивление цепочки *Др1С1* при $U_{вх.макс}$ вычисляют по этой же формуле, заменив $U_{вх.мин}$ на $U_{вх.макс} = 240$ В. Тогда $X_{макс} = 190$ Ом.

Емкость конденсатора *С1*

$$C_1 = \frac{10^6}{\omega \cdot X_{мин}} = \frac{10^6}{314 \cdot 139} = 23{,}9 \text{ мкФ}.$$

Наибольшее напряжение на конденсаторе при максимальном входном напряжении $U_{C1 \cdot макс} = I_{вх} \cdot X_{макс} = 2{,}2 \cdot$ $\cdot\ 190 = 418$ В.

Исходя из полученных результатов, выбирают конденсаторы типа МБГО с рабочим напряжением 800 В, соединив параллельно три конденсатора емкостью 10, 10 и 5 мкФ.

Затем находят реактивное сопротивление конденсатора *С1*:

$$X_{C1} = \frac{10^6}{\omega \cdot C1} = \frac{10^6}{314 \cdot 25} = 127 \text{ Ом},$$

реактивное сопротивление дросселя *Др1* при максимальном входном напряжении

$$X_{Др1} = \frac{X_{макс} \cdot X_{C1}}{X_{макс} - X_{C1}} = \frac{190 \cdot 127}{190 - 127} = 382 \text{ Ом}$$

и максимальный ток через дроссель (действующее значение)

$$I_{Др1макс} = \frac{U_{макс}}{X_{Др1}} = \frac{418}{382} = 1{,}1 \text{ А}.$$

Исходя из этого, определяют сечение провода обмотки дросселя, задаваясь допустимой плотностью тока $\delta = 2{,}5 \frac{А}{мм^2}$,

$$s_п = \frac{I_{макс}}{\delta} = \frac{1{,}1}{2{,}5} = 0{,}44 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее большее стандартное сечение провода равно 0,466 мм², что соответствует диаметру провода (по меди) 0,77 мм, а с учетом изоляции 0,83 мм для проводов ПЭЛ и ПЭВ-1 и 0,86 мм для провода ПЭВ-2.

Для расчета сердечника дросселя необходимо знать марку стали или иметь кривую ее намагничивания. Так как приводимый расчет является приближенным, можно пользоваться усредненной кривой намагничивания, показанной на рис. 2. При $U_{вх} = U_{вх.мин}$ рабочая точка должна находиться вблизи перегиба кривой (точка *М*). Координаты

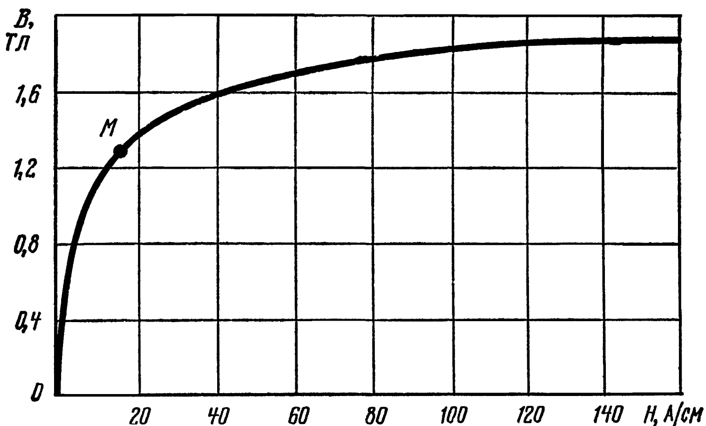


Рис. 2. Усредненная кривая намагничивания трансформаторной стали

этой точки: напряженность магнитного поля $H_{мин} = 15\frac{А}{см}$, магнитная индукция $B_{мин} = 1{,}3$ Тл.

Максимальное значение магнитной индукции при $U_{вх} = U_{вх.макс}$, равно

$$B_{макс} = B_{мин}\frac{X_{макс}}{X_{мин}} = 1{,}3\,\frac{190}{139} = 1{,}78 \text{ Тл},$$

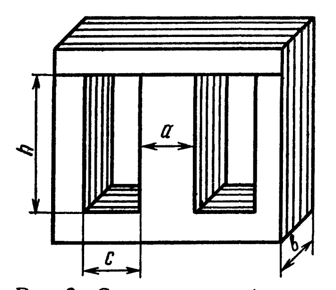


Рис. 3. Сердечник стабилизатора

что соответствует $H_{макс} = 100\frac{А}{см}$.

На основании сделанных расчетов выбирают стандартный Ш-образный сердечник (рис. 3), у которого отношение ширины окна к ширине среднего керна равно

$$x = \frac{c}{a} = 1,$$

а отношение высоты окна к ширине керна равно

$$y = \frac{h}{a} = 2{,}5.$$

Задавшись коэффициентом заполнения окна (долей площади его, занятой медью обмотки) $k_0 = 0{,}4$, определяют

вспомогательные расчетные коэффициенты

$$A = \frac{2H_{\text{макс}}(1+x+y)}{I_{\text{Др1 макс}}} = \frac{2 \cdot 100\,(1+1+2{,}5)}{1{,}1} = 810\,\frac{1}{\text{см}},$$

$$B = \frac{s_{\text{п}}}{k_0 \cdot x \cdot y} = \frac{0{,}466 \cdot 10^{-2}}{0{,}4 \cdot 1 \cdot 2{,}5} = 4{,}66 \cdot 10^{-3}\ \text{см}^2 \text{ и}$$

$$Z = \frac{10^4 \cdot U_{\text{макс}}}{B_{\text{макс}} \cdot \omega \cdot A^4 \cdot B^3} = \frac{10^4 \cdot 418}{1{,}78 \cdot 314 \cdot 810^4\,(4{,}66 \cdot 10^{-3})^3} = 0{,}173.$$

Рекомендуемое значение $Z$ должно быть в пределах 0,5—2. Поэтому немного уменьшим $B_{\text{макс}}$, например, до значения $B'_{\text{макс}} = 1{,}65$ Тл, и по кривой намагничивания (см. рис. 2) найдем уменьшенное значение $H'_{\text{макс}} = 60\,\frac{\text{А}}{\text{см}}$. При этом $Z$ увеличится в $\left(\frac{100}{60}\right)^4 \cdot \frac{1{,}78}{1{,}65} = 8{,}35$ раза и станет равно $Z' = 0{,}173 \cdot 8{,}35 = 1{,}44$, что является удовлетворительным. Заметим, что в результате расчета может оказаться, что $Z > 2$. В этом случае следует произвести перерасчет, выбрав пластины с меньшим окном (например, пластины второго стандартного варианта с $x = 0{,}5$ и $y = 1{,}5$).

Далее в связи с изменением $H_{\text{макс}}$ необходимо уточнить значение расчетного коэффициента $A$:

$$A' = \frac{2 \cdot H'_{\text{макс}} \cdot (1+x+y)}{I_{\text{Др1.макс}}} = \frac{2 \cdot 60 \cdot (1+1+2{,}5)}{1{,}1} = 490\,\frac{1}{\text{см}}.$$

Тогда ширина среднего керна Ш-образных пластин будет равна $a = A' \cdot B = 490 \cdot 4{,}66 \cdot 10^{-3} = 2{,}30$ см. Выбирают ближайшую бо́льшую стандартную пластину с принятыми параметрами $x$ и $y$ — Ш25.

В связи с увеличением размера $a$ в $\frac{2{,}3}{2{,}5}$ раз уменьшают размер $Z'$, чтобы оставить неизменным соотношение $a \cdot Z'$:

$$Z'' = 1{,}44 \cdot \frac{2{,}3}{2{,}5} = 1{,}33.$$

Отсюда толщина набора пластин $b = a \cdot Z'' = 1{,}33 \cdot 25 = 33$ мм, а число витков обмотки дросселя $w_{\text{Др1}} = (A')^2 \cdot B = 490^2 \cdot 4{,}66 \cdot 10^{-3} = 1120$. Для удобства настройки стабилизатора увеличивают число витков обмотки дросселя против расчетного на 10% — $w'_{\text{Др1}} = 1{,}1 \cdot 1120 = 1230$.

При намотке дросселя необходимо предусмотреть выводы от промежуточных витков, например, от 100-, 200-, 300- и 400-го витков.

При расчете трансформатора учитывают, что его размеры и вес находятся в обратной зависимости от величины $B_{макс} \cdot H_{макс}$. Поэтому рабочую точку на кривой намагничивания следует выбирать на отлогом, прямолинейном ее участке, подальше от перегиба. Можно взять те же значения магнитной индукции и напряженности магнитного поля, которые были выбраны для дросселя, $B_{макс} = 1{,}78$ Тл; $H_{макс} = 100 \frac{А}{см}$.

Определяют основной расчетный коэффициент

$$A = \frac{2 \cdot H_{макс} \cdot (1 + x + y)}{I_{вх}} = \frac{2 \cdot 100 (1 + 1 + 2{,}5)}{2{,}2} = 410 \ \frac{1}{см}$$

и сечение провода первичной обмотки трансформатора

$$s_{п1} = \frac{I_{вх}}{\delta} = \frac{2{,}2}{2{,}5} = 0{,}88 \ мм^2.$$

Ближайшее большее стандартное сечение равно 0,9161 мм², что соответствует диаметру по меди 1,08 мм. Диаметр с изоляцией 1,16 мм для провода ПЭЛ и ПЭВ-1, 1,19 мм — для ПЭВ-2.

Определяют полную (кажущуюся) мощность первичной обмотки трансформатора при максимальном входном напряжении $S_1 = U_{вх.макс} \cdot I_{вх} = 240 \cdot 2{,}2 = 528$ В · А. Полная мощность всех вторичных обмоток уже известна (см. начало расчета): $S_2 = P_{вых} = 173$ В · А. Доля площади окна, занятая первичной обмоткой, равна

$$k_1 = \frac{S_1}{S_1 + S_2} = \frac{528}{528 + 173} = 0{,}753.$$

Определяют расчетный коэффициент $B$ по формуле, отличной от примененной при расчете дросселя:

$$B = \frac{s_{п1}}{k_0 \cdot x \cdot y \cdot k_1} = \frac{0{,}916 \cdot 10^{-2}}{0{,}4 \cdot 1 \cdot 2{,}5 \cdot 0{,}753} = 1{,}22 \cdot 10^{-2} \ см^2.$$

Отношение толщины пакета пластин к ширине среднего керна их

$$Z = \frac{10^4 \cdot U_1}{B_{макс} \cdot w \cdot A^4 \cdot B^3} = \frac{10^4 \cdot 220}{1{,}78 \cdot 314 \cdot 410^4 \cdot (1{,}22 \cdot 10^{-2})^3} = 0{,}0778,$$

что меньше рекомендуемого значения. Уменьшают $B_{макс}$ до значения $B'_{макс} = 1{,}63$ Тл и по кривой намагничивания

(см. рис.2) находят соответствующее значение $H'_{\text{макс}} = 55 \frac{\text{А}}{\text{см}}$.

При этом $Z$ увеличится в $\left(\frac{100}{55}\right)^4 \cdot \frac{1,78}{1,63} = 12$ раз и станет равным $Z' = 0,0788 \cdot 12 = 0,95$, что является удовлетворительным.

Уточняют величину расчетного коэффициента $A$

$$A' = \frac{2 \cdot H'_{\text{макс}} (1 + x + y)}{I_{\text{вх}}} = \frac{2 \cdot 55 \cdot (1 + 1 + 2,5)}{2,2} = 226 \frac{1}{\text{см}}.$$

Ширина среднего керна пластин $a = A' \cdot B = 226 \cdot 1,22 \cdot 10^{-2} = 2,76$ см. Ближайшей большей стандартной пластиной является Ш32. Соответственно уменьшают $Z'$ и получают

$$Z'' = Z' \frac{2,76}{3,2} = 0,95 \frac{2,76}{3,2} = 0,82.$$

Толщина набора пластин $b = Z'' \cdot a = 0,82 \cdot 32 = 26,6$ мм.

Число витков первичной обмотки трансформатора $w_1 = (A')^2 \cdot B = 226^2 \cdot 1,22 \cdot 10^{-2} = 622$. Так же, как и у дросселя, увеличивают число витков на 10% — $w_1' = 1,1 \cdot 622 = 685$ и предусматривают выводы от промежуточных витков — 40-, 80-, 120- и 160-го. Определяют числа витков и сечения провода вторичных обмоток трансформатора:

$$w_2 = 1,05 \cdot w_1 \frac{U_2}{U_1} = 1,05 \cdot 622 \cdot \frac{270}{220} = 764.$$

Увеличивают $w_2$ на 10% и получают 840 витков с отводами от 50-, 100-, 150- и 200-го витков.

$$s_{\text{п}2} = \frac{I_2}{\delta} = \frac{0,5}{2,5} = 0,2 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее стандартное сечение 0,2043 мм², диаметр по меди 0,53 мм.

$$w_3 = 1,05 \cdot w_1 \frac{U_3}{U_1} = 1,05 \cdot 622 \frac{6,4}{220} = 19.$$

$$s_{\text{п}3} = \frac{I_3}{\delta} = \frac{4}{2,5} = 1,6 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее стандартное сечение 1,651 мм², диаметр по меди 1,45 мм.

$$w_4 = w_3 = 19.$$

Ближайшее стандартное сечение 0,8495 мм, диаметр по меди 1,04 мм. Сердечники трансформатора и дросселя могут быть ленточными — из стали марки ХВП. При этом габариты и вес стабилизатора значительно уменьшаются. Описанная методика расчета сохраняется. В расчете можно использовать показанную на рис. 2 кривую намагничивания, увеличив значения $B$ примерно на 40%.

Стабилизатор можно рассчитать и для напряжения сети $U_с = 127$ В. В этом случае при одинаковой мощности емкость конденсатора увеличится примерно в четыре раза, а рабочее напряжение его можно уменьшить в два раза. Число витков дросселя и первичной обмотки уменьшится примерно вдвое, а сечение проводов во столько же раз увеличится.

При правильно выбранном числе витков дросселя *Др1* выходное напряжение должно быть практически неизменным при изменении $U_{вх}$. При слишком большом числе витков выходное напряжение стабилизатора несколько увеличивается с увеличением $U_{вх}$.

С увеличением емкости конденсатора расширяются пределы стабилизации, т. е. снижается значение $U_{вх\,мин}$, при котором выходное напряжение становится стабильным. Одновременно увеличивается входной ток стабилизатора.

При изменении числа витков первичной обмотки трансформатора $w_1$ (выбором соответствующего промежуточного вывода) пропорционально изменяются напряжения всех вторичных обмоток. Останавливаются на таком значении $w_1$, при котором устанавливаются нормальные напряжения $U_3 = U_4 = 6{,}4$ В.

Затем, изменяя число витков $w_2$, получают требуемое напряжение $U_2 = 270$ В этой обмотки.

## ЛАБОРАТОРНЫЙ СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ

**А. Коробков,**
**г. Люберцы Московской обл.**

Блок питания предназначен для налаживания и ремонта различных устройств в лабораторных условиях. Он питается от сети напряжением 220 В ±10% и частотой 50 Гц. Выходное стабилизированное напряжение можно ре-

гулировать в пределах 0,5—25 В при максимальном токе нагрузки до 1 А. Выходное напряжение изменяется ступенями по 5 В и плавно в пределах каждой ступени. Коэффициент стабилизации выходного напряжения около 350, амплитуда пульсаций — не более 1 мВ. Выходное напряжение при изменении тока нагрузки от 1 А до нуля изменяется не более чем на 0,025 В. Температурная нестабильность выходного напряжения не превышает 4 мВ/°С. Дрейф выходного напряжения за 8 ч работы — не более 10 мВ. Масса блока в сборе — 3,5 кг, габаритные размеры — 225 × × 190 × 90 мм.

В блоке предусмотрена защита от перегрузок и коротких замыканий на выходе с автоматическим отключением нагрузки и индикацией отключения. Стабилизатор блока допускает перестройку на максимальный ток нагрузки до 1,5 А при максимальном выходном напряжении до 18 В.

Принципиальная схема блока показана на рис. 1. Блок питания состоит из силового трансформатора *Тр1*; двух мостовых выпрямителей, один из которых (*Д1—Д4*) питает цепь нагрузки, а другой — усилитель постоянного тока стабилизатора и защитное устройство; собственно стабилизатора, выполненного на транзисторах *Т1—Т5*, и устройства защиты от перегрузок, включающего в себя геркон *Р2/1* с обмоткой *Р2* и реле *Р1*.

Стабилизатор блока по схеме относится к компенсационным с последовательным включением регулирующего транзистора. В этих стабилизаторах напряжение, поступающее с выпрямителя, представляет собой сумму выходного стабилизированного напряжения и падения напряжения на регулирующем транзисторе. При плавном уменьшении напряжения на выходе соответственно увеличивается падение напряжения (а вместе с ним и рассеиваемая мощность) на этом транзисторе. Стремление сконструировать стабилизатор с плавным изменением выходного напряжения в широких пределах и значительным током нагрузки связано с выделением большой тепловой мощности на регулирующем транзисторе. По этой причине в блоке использовано ступенчатое (через 5 В) изменение выпрямленного напряжения с помощью переключателя *В2*, который одновременно коммутирует и резисторы управляющих ступеней стабилизатора, определяющие уровень выходного напряжения. В результате максимальная мощность, выделяемая на регулирующем транзисторе *Т5*, не превышает 15 Вт.

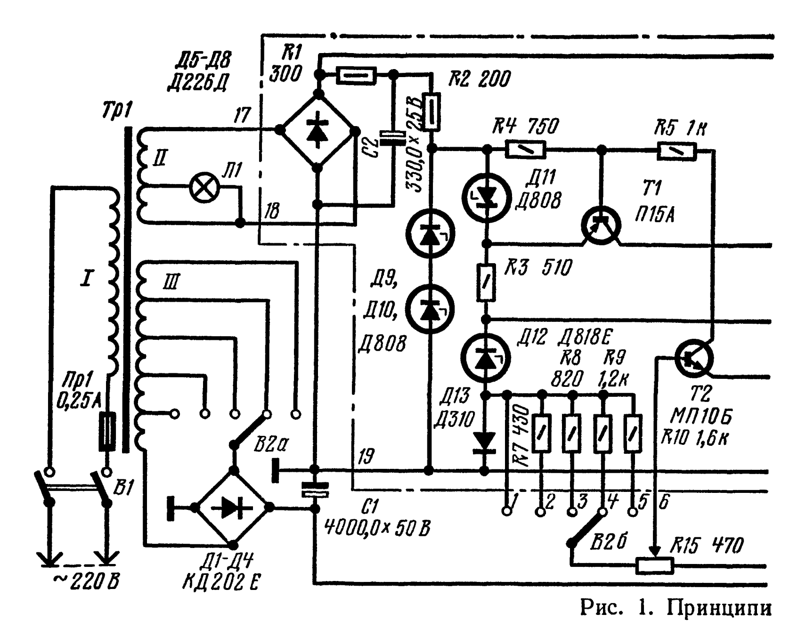
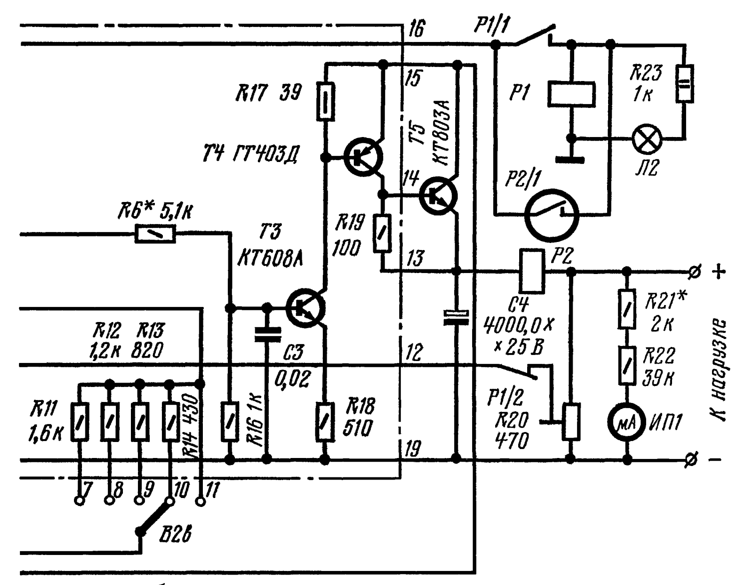



Рис. 1. Принципи

Особенностью стабилизатора является последовательное включение *p-n-p* и *n-p-n* управляющих транзисторов. Это позволяет обеспечить стабилизацию малых выходных напряжений и защиту стабилизатора от перегрузок и коротких замыканий на выходе.

С обмотки *II* трансформатора снимается переменное напряжение 27,5 В, которое выпрямляется диодами *Д5—Д8* и сглаживается фильтром *R1C2*. Напряжение на конденсаторе равно примерно 21 В при амплитуде пульсаций около 150 мВ. С помощью резистора *R2* и стабилитронов *Д9* и *Д10* производится предварительная стабилизация напряжения (16 В при пульсациях около 5 мВ). Резистор *R3*, стабилитроны *Д11* и *Д12* и диод *Д13* образуют вторую ступень стабилизации. В результате этого на стабилитронах *Д11* и *Д12* и диоде *Д13* формируются весьма стабильные напряжения, не зависящие от напряжения сети и тока нагрузки, при очень низком уровне пульсаций.

Такая двойная стабилизация необходима по следующим причинам. Управляющее напряжение поступает на базу транзистора *Т2*, эмиттер которого подключен к делителю на переменном резисторе *R20* через размыкающие контакты




альная схема блока

*Р1/2*. Этот делитель включен параллельно выходным зажимам стабилизатора, т. е. в стабилизаторе происходит сравнение управляющего напряжения с частью выходного. Максимальное напряжение на базе транзистора *Т2* равно примерно 9 В, а максимальное выходное — 25 В. Следовательно, устройство обладает усилением напряжения с входа на выход, равным 25/9, и всякие вредные составляющие напряжения на базе транзистора *Т2* будут усилены на выходе.

Стабилитрон *Д11* и диод *Д13* предназначены для повышения температурной стабильности выходного напряжения. Стой же целью стабилитрон *Д12* выбран с малым температурным коэффициентом напряжения стабилизации. Напряжение на базу транзистора первой ступени усилителя поступает не только непосредственно с делителя напряжения, образованного парами резисторов *R7R11* (*R8R12* и т. д.), но еще и с диода *Д13*. Иначе говоря, управляющее напряжение равно сумме напряжений на этом диоде и на левом (по схеме) плече делителя. Чтобы пояснить, каким образом диод *Д13* и стабилитрон *Д11* способствуют повышению стабильности выходного напряжения при изменении

температуры, заметим, что эмиттерный переход транзистора *Т2* и элементы цепи его эмиттера выполняют функции чувствительного элемента в системе автоматического регулирования, каковой является стабилизатор. В цепи эммитера этого транзистора действует сопротивление для тока эмиттера, эквивалентное результату от параллельного включения верхней и нижней частей переменного резистора *R20*. Напряжение на чувствительном элементе должно всегда оставаться постоянным. Оно равно сумме двух составляющих: напряжения $U_{бэ}$ транзистора *Т2* и напряжения на эквивалентном сопротивлении его эмиттерной цепи. Первая из составляющих зависит от тока эмиттера и температуры, а вторая — практически только от тока эмиттера (резистор *R20* — проволочный).

Таким образом, требуется сохранить неизменным ток эмиттера транзистора *Т2*. Этой цели служит стабилитрон *Д11*. На этом стабилитроне, включенном как стабистор, падает напряжение около 0,7 В. Оно вместе с напряжением $U_{бэ}$ транзистора *Т1* (примерно 0,1 В) образует на резисторе *R4* напряжение, равное 0,8 В, и практически определяет ток через транзистор *Т2*.

Использование стабистора *Д11* позволяет обеспечить температурную нестабильность выходного напряжения от изменения тока эммиттера транзистора *Т2*, равную примерно 2 мВ/°С. Для температурной компенсации напряжен я $U_{бэ}$ транзистора *Т2* служит диод *Д13*. При повышении температуры напряжение $U_{бэ}$ уменьшается и чувствительный элемент без диода формировал бы ложный сигнал о превышении управляющего напряжения на базе транзистора *Т2* над напряжением на делителе *R20*. При наличии же диода *Д13* само управляющее напряжение соответственно уменьшится и ложного сигнала на будет.

Включение стабистора *Д11* позволило увеличить также коэффициент усиления системы, так как сопротивление резистора *R4* оказалось возможным увеличить до 750 Ом, за счет чего большая часть приращений тока первой ступени (*Т2*) поступает на базу транзистора второй ступени (*Т1*) усилителя. При этом влияние дифференциального сопротивления стабистора *Д11* незначительно, поскольку при токе через него в 10 мА оно составляет около 2,5 Ом (при нормальной температуре), что почти в десять раз меньше сопротивления эмиттерного перехода транзистора *Т1* при токе эмиттера примерно 1 мА.

Питающее коллекторное напряжение второй ступени стабилизировано и не зависит от выходного напряжения. В этой ступени осуществляется защита стабилизатора от перегрузок и коротких замыканий на выходе. Важную роль в этом играет резистор *R6*, ограничивающий ток коллектора транзистора *T1*. При возникновении короткого замыкания на выходе этот ток не может превысить величины, примерно равной 2,5 мА и определяемой напряжением питания (15 В) и суммарным сопротивлением *R6* + *R16*. Вследствие этого и ток регулирующего транзистора *T5* ограничивается на уровне, меньшем предельно допустимого. Возможность использования такого рода защиты определяется зависимостью тока базовой цепи транзистора *T3* от напряжения между коллектором и эмиттером этого и последующих (*T4*, *T5*) транзисторов, а также от окружающей температуры. Положительным фактором является и то, что крутизна выходных статических характеристик транзисторов незначительна и сравнительно слабо зависит от температуры и напряжения на коллекторе. Дифференциальный коэффициент усиления по току транзисторов также слабо зависит от температуры. Отрицательным же фактором является значительная температурная зависимость токов утечки коллекторных переходов транзисторов, главным образом *T4* и *T3*. Однако при правильном выборе транзисторов и режимов их работы влияние токов утечки можно ослабить.

Непосредственное измерение напряжения на резисторе *R6* при испытании блока питания в интервале температур от нуля до плюс 35° С показало, что ток коллектора транзистора *T1* изменяется при отключенной нагрузке от 1,37 до 0,78 мА. При токе нагрузки в 1 А ток коллектора транзистора *T1* увеличивается на 0,4—0,45 мА в указанном интервале температур независимо от напряжения на выходе. Таким образом, при возникновении перегрузки при окружающей температуре плюс 35° С (худший случай) через транзистор *T5* будет протекать ток

$$I_{\text{Т5}} = 1\,\frac{2{,}5 - 0{,}78}{0{,}4} \approx 6\ \text{А}.$$

Так как предельно допустимый ток коллектора транзистора *T5* равен 10 А, за короткий промежуток времени, который требуется для срабатывания релейной защиты, транзистор не успеет нагреться. При тщательном подборе резистора *R6* максимальный ток при перегрузке можно уменьшить до 2,5 — 3 А.

Ступень на транзисторе *Т3* является буферной между управляющими и регулирующими ступенями. Максимальное напряжение на транзисторе *Т3* может достигать 45—50 В, поэтому его следует выбирать из числа высоковольтных, а в цепи базы и эмиттера включать резисторы, облегчающие режим его работы. С той же целью в цепи базы транзистора *Т4* включен резистор *R17* со сравнительно небольшим сопротивлением.

Выходной транзистор *Т5*, как уже упоминалось, выделяет тепловую мощность до 15 Вт. С учетом максимальной температуры окружающего воздуха плюс 35° С и максимальной температуры перехода транзистора плюс 85° С для рассеяния такой мощности необходимо тепловое сопротивление переход — окружающая среда не более 3,3° С/Вт. Поэтому в качестве регулирующего использован мощный кремниевый транзистор, допускающий нагрев корпуса до 100° С. При этом достаточно обеспечить на радиаторе тепловое сопротивление транзистор — среда не более 6,6° С/Вт.

Выходной ток стабилизатора протекает через обмотку *Р2* геркона *Р2/1*, настроенного на срабатывание при токе нагрузки 1 А. Превышение этого тока вызывает замыкание контактов *Р2/1*, после чего срабатывает реле *Р1* с самоблокировкой. При этом контакты *Р1/2* размыкаются и отключают эмиттер транзистора *Т2* от переменного резистора *R20*. В результате токи через все транзисторы уменьшаются до величины, определяемой токами утечки транзисторов. Резистор *R5* в цепи коллектора *Т2* ограничивает ток через этот транзистор при коротком замыкании на выходе. Это предотвращает перегрев и выход из строя регулирующего транзистора до момента срабатывания защитного устройства. Индикатором срабатывания защиты служит лампа *Л2*. На выходе стабилизатора для контроля напряжения включен измерительный прибор *ИП1*. Конденсатор *С3* предупреждает самовозбуждение ступени на транзисторе *Т3*.

Переключателем *В2* скачкообразно изменяют выходное напряжение. Переключение на одно положение вправо (по схеме) увеличивает сопротивление левого плеча делителя на 390—420 Ом и одновременно уменьшает сопротивление правого плеча примерно на ту же величину. Сопротивление переменного резистора *R15* выбрано несколько большим, что при плавном изменении выходного напряжения позволяет обеспечить перекрытие выходных напряжений на соседних положениях переключателя *В2*.

Блок питания смонтирован на дюралюминиевом шасси размерами 225 × 190 × 88 мм. Расположение узлов и деталей на шасси показано на рис. 2. Радиатор транзистора *Т5* изолирован от шасси и расположен в задней части корпуса. Радиатор выполнен в виде дюралюминиевой пластины с размерами 220 × 75 × 5 мм. Справа от трансформатора *Тр1*, который расположен в середине шасси, укрепле-

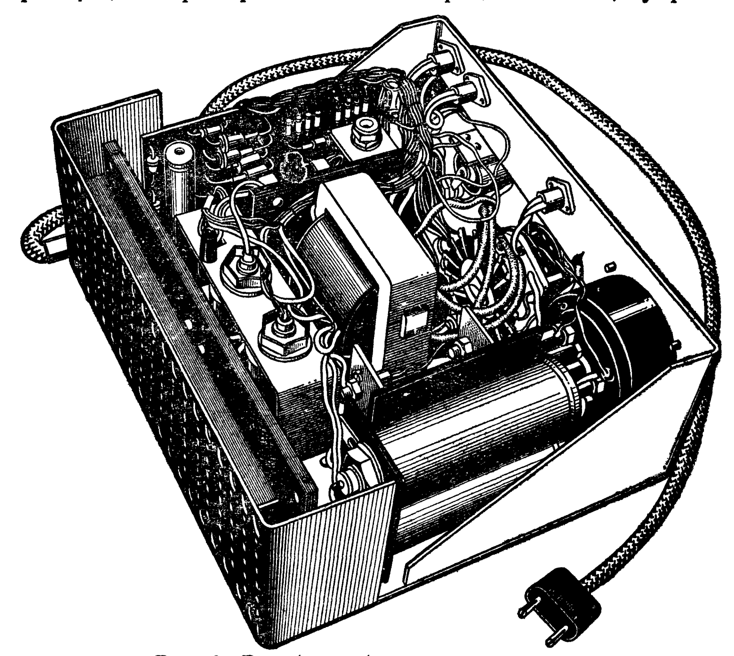


Рис. 2. Вид блока без защитного кожуха

ны два конденсатора, составляющие конденсатор *С1*, и диоды *Д1—Д4* на небольшом радиаторе. Конденсатор *С4* также составлен из двух. Слева от трансформатора расположены резистор *R20* и геркон *Р2/1* с обмоткой *Р2*. Тумблер *В1*, переключатель *В2*, лампы *Л1* и *Л2*, предохранитель *Пр1*, измерительный прибор *ИП1* и переменный резистор *R15* размещены на лицевой панели блока. Вид лицевой панели показан на рис. 3.

Большинство мелких деталей смонтировано на печатной плате (на схеме обведены штрихпунктирной линией). Плата размерами 120 × 82 мм выполнена из фольгирован-

ного стеклотекстолита толщиной 2 мм. Чертеж печатной платы блока и расположение деталей на ней показаны на рис. 4. Транзистор *Т4* укреплен на небольшом радиаторе.

Под радиатором транзистора *Т5* в днище шасси прорезано окно размерами 125 × 25 мм, а под печатной платой просверлены отверстия диаметром 5 мм.

Трансформатор *Тр1* выполнен на магнитопроводе ШЛ20 × 20. Обмотка *I* содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,31, *II* — 275 витков ПЭВ-2 0,23 с отводом от 50-го

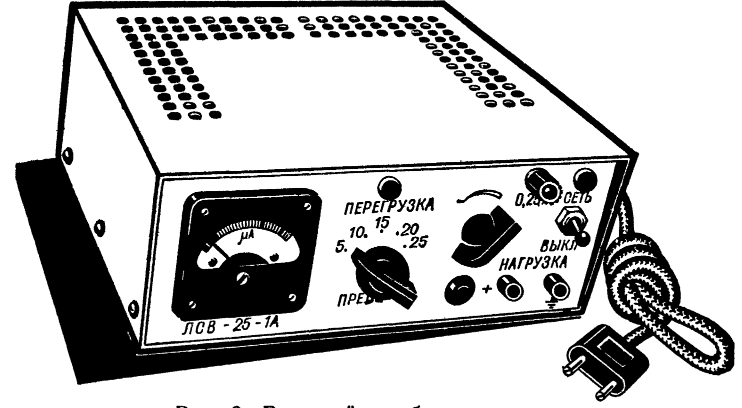



Рис. 3. Внешний вид блока питания

витка, а *III* — 330 витков ПЭВ-2 0,64 с отводами от 110-, 165-, 220- и 275-го витков.

Диоды *Д1—Д4* могут быть заменены на Д302, Д303, КД202Г—КД202С, стабилитроны *Д9* и *Д10* — на Д814А, *Д11* — на Д809—Д813, Д814А—Д814Д, а *Д12* — на Д818А—Д818Д, Д809, Д814Б, но при этом температурная нестабильность выходного напряжения будет большей. Транзистор *Т1* желательно выбрать с возможно большим коэффициентом $B_{\text{ст}}$. Транзистор *Т3* можно заменить на КТ608Б, КТ601, КТ602А—КТ602Г, КТ604, КТ605, *Т4* — на ГТ403В—ГТ403И.

Переменные резисторы *R15* и *R20* — проволочные, рассчитанные на мощность рассеяния 3 Вт.

Переключатель *В2* — типа ПГК-5П2Н. Реле *Р1* — типа РЭС-9, паспорт РС4.524.200 (или РС4.524.201). Геркон *Р2/1* — типа КЭМ-2А, его обмотка *Р2* содержит 40 витков провода ПЭВ-2 0,67.

Измерительный прибор *ИП1* — микроамперметр М261,

ток полного отклонения стрелки 100 мкА. Возможно использование приборов с током полного отклонения стрелки не более 1 мА.

Стабилизированный блок питания налаживают в следующей последовательности. Движок резистора *R20* устанавливают в верхнее (по схеме) положение. Включают блок и проверяют напряжения на конденсаторах *C1* (при всех положениях переключателя *B2*) и *C2*. На первом из них напряжения должны составлять примерно 17, 24, 31, 38 и

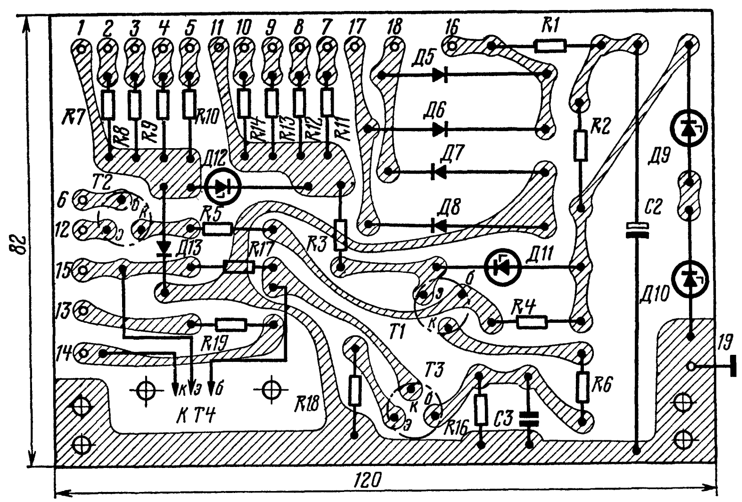



Рис. 4. Чертеж печатной платы блока

45 В (при отключенной нагрузке), а на втором — около 21 В. Устанавливают переключатель *B2* в положение «*25 В*», а движок резистора *R15* — в крайнее правое положение, при этом напряжение на выходе должно составлять примерно 9 В. Плавно вращая ось резистора *R20*, устанавливают на выходе напряжение 25 В.

К выходным зажимам блока подключают резистор сопротивлением 25 Ом и мощностью не менее 10 Вт. Если при этом срабатывает защитное устройство, выдвигают геркон из обмотки на несколько миллиметров или уменьшают число витков обмотки так, чтобы замыкание контактов геркона происходило при токе несколько большем, чем 1 А. Измеряют напряжение на резисторе *R6*, оно должно быть равно 7,5—8,5 В. Если напряжение выходит за эти пределы,

подбирают резистор *R6*. В последнюю очередь подбирают резисторы цепочки *R21R22*.

Как показали испытания блока, при работе с выходным напряжением 25 В напряжение на конденсаторе *C1* уменьшается примерно на 13 В при увеличении тока нагрузки до 1 А. Иными словами, выходное сопротивление выпрямителя блока равно 13 Ом. Следовательно, при токе нагрузки до 0,5 А блок в состоянии обеспечить на выходе напряжение около 30 В, а при токе нагрузки 1,5 А — 18 В. Этого можно добиться соответствующей настройкой стабилизатора блока и защитного устройства.

Следует заметить, что если трансформатор *Тр1* заменить на более мощный, то блок сможет обеспечить ток нагрузки до 2 А при напряжении до 30 В. В этом случае габариты блока несколько увеличатся (следует увеличить также и размеры радиатора транзистора *Т5*).

## ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ

**П. Алексеев,**
**г. Коломна**

Электронные регуляторы напряжения автомобильных генераторов постоянного и переменного тока в последнее время находят все большее практическое применение. Это объясняется в основном тремя причинами: тем, что электронные регуляторы, во-первых, обладают высокой надежностью работы, во-вторых, обеспечивают возможность быстрой и удобной регулировки напряжения генератора и, в-третьих, не требуют каких-либо профилактических работ, связанных с эксплуатацией регулятора.

Автором статьи были исследованы различные варианты схем электронных регуляторов напряжения. На основе проведенной работы и опыта практической эксплуатации были выбраны два варианта электронных регуляторов напряжения для генераторов постоянного тока Г108М автомобиля «Москвич-408». Регуляторы могут быть использованы и с любыми другими генераторами постоянного тока, а также взяты за основу для регуляторов генераторов переменного тока (в этом случае ввиду отсутствия реле обратного тока схема регулятора упрощается). Электронный регулятор напряжения, так же как и обычный, электромеханический, состоит из регулятора напряжения, реле обратного тока и реле ограничения максимального тока.

Структурная схема регулятора напряжения показана на рис. 1. Этот узел является важнейшим и наиболее сложным узлом устройства. Он включает в себя измерительный элемент и усилительно-исполнительный элемент. Регулятор напряжения работает следующим образом. Напряжение, вырабатываемое генератором, поступает на измерительный элемент, где оно сравнивается с опорным напряжением (или напряжением срабатывания измерительного элемента). Разность между напряжением генератора и опорным напряжением в виде управляющего сигнала поступает на усилительно-исполнительный элемент, который регулирует ток

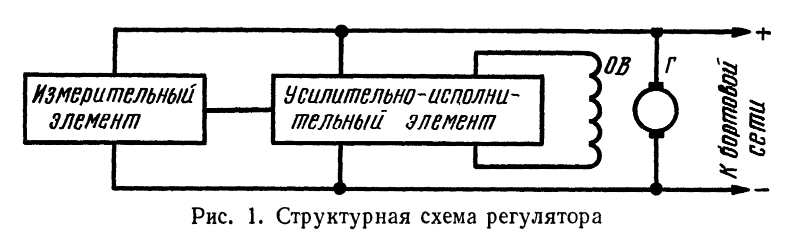


Рис. 1. Структурная схема регулятора

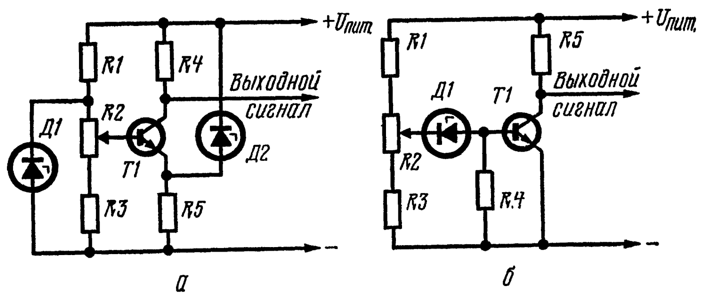


Рис. 2. Схемы измерительных элементов

обмотки возбуждения генератора, поддерживая его выходное напряжение на заданном уровне.

Из большого числа известных измерительных элементов для регулятора напряжения выбраны два наиболее простых, но обладающих достаточно высокими значениями параметров. Измерительный элемент, схема которого показана на рис. 2, *а*, выполнен по мостовой схеме. Он работает следующим образом. При повышении напряжения генератора соответственно увеличивается напряжение на переменном резисторе *R2* до напряжения стабилизации стабилитрона *Д1*. При дальнейшем увеличении входного напряжения напряжение на этом резисторе не изменяется. В зависимости от положения движка резистора *R2* к базе транзистора *Т1* прикладывается напряжение от 5,5 В до напряжения стабилизации стабилитрона, что вызывает появление почти такого же (несколько меньшего) напряжения на резисторе *R5*. При дальнейшем увеличении входного напряжения входит в режим стабилизации стабилитрон *Д2*. Это происходит при достижении входным напряжением значения, равного сумме напряжений на резисторе *R5* и напряжения стабилизации стабилитрона *Д2*, и вызывает увеличение тока через резистор *R5*, увеличение напряжения на нем и закрывание транзистора *Т1* (напряжение на его эмиттере

становится больше напряжения на его базе). Если подключить к выходу такого измерительного элемента усилитель, нагруженный цепью обмотки возбуждения генератора, его напряжение будет поддерживаться на заданном уровне.

Измерительный элемент, выполненный по схеме рис. 2, *б*, работает несколько иначе. Стабилитрон *Д1* включен в цепь базы транзистора *T1*, который закрыт до тех пор, пока входное напряжение (с учетом положения движка ре-

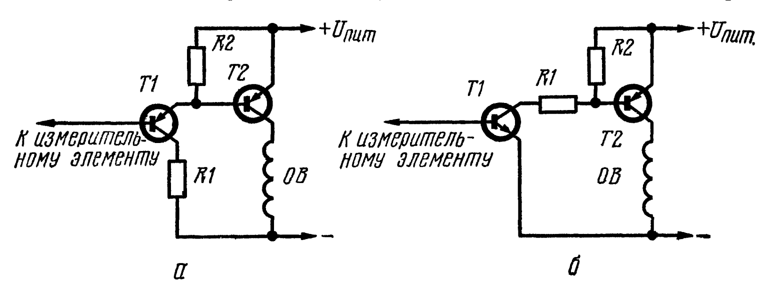



Рис. 3. Схемы усилительно-исполнительных элементов

зистора *R2*) не достигнет напряжения стабилизации стабилитрона. Ток стабилитрона открывает транзистор *T1* и, воздействуя через усилительный элемент регулятора на обмотку возбуждения, вызовет уменьшение выходного напряжения генератора.

Усилительно-исполнительный элемент электронного регулятора напряжения должен обеспечивать полное прекращение тока возбуждения генератора в соответствии с сигналом измерительного элемента и возможно меньшее падение напряжения на исполнительном транзисторе (не более 0,25—0,4 В), что уменьшает рассеиваемую транзистором мощность и повышает стабильность работы всего устройства. Кроме этого, усилительно-исполнительный элемент должен обладать высокой чувствительностью с тем, чтобы коммутацию большого тока (до 3,0—3,5 А) обеспечить малым управляющим током (10—20 мА).

На рис. 3, *а* и *б* показаны схемы усилительно-исполнительных элементов, предназначенных для работы с описанными измерительными элементами (рис. 2, *а* и *б*, соответственно). Оба усилительно-исполнительных элемента обладают практически одинаковыми параметрами и отличаются в основном тем, что один из них (рис. 3, *а*) работает как усилитель без переворачивания фазы, а второй изменяет

фазу сигнала на 180°, поскольку этого требует измерительный элемент.

Реле обратного тока в электронном регуляторе напряжения обычно выполняют на полупроводниковых диодах. Диоды чаще всего выбирают кремниевые, поскольку они обладают не только более высокой термостабильностью по сравнению с германиевыми, но и большим прямым падением напряжения на них (1,1—1,3 В), используемым для работы реле ограничения максимального тока (германиевые диоды имеют прямое падение напряжения 0,5—0,8 В).

В качестве реле ограничения максимального тока обычно используют транзистор, включенный параллельно измерительному элементу электронного регулятора напряжения и воздействующий на усилительно-исполнительный элемент таким образом, чтобы ток обмотки возбуждения генератора прекращался при увеличении тока нагрузки выше допустимой величины. Управляющим сигналом для транзистора реле ограничения максимального тока является падение напряжения на диодах реле обратного тока, через которые протекает общий ток нагрузки генератора.

Принципиальные схемы двух электронных регуляторов напряжения приведены на рис. 4 и 5. Особенностью второго регулятора (рис. 5) по сравнению с первым является подключение измерительного элемента не к выводу «*Я*» регулятора, а к выводу «*Б*», на котором напряжение «скорректировано» на величину падения напряжения на диодах *Д4—Д6*. Поэтому регулятор по схеме рис. 5 предпочтительнее, однако для сохранения высокой чувствительности регулятора в его измерительном элементе должен быть установлен транзистор с большим статическим коэффициентом передачи тока $B_{ст}$ (не менее 120).

Работу электронного реле-регулятора удобно рассмотреть по схеме, которая показана на рис. 4. После запуска двигателя генератор выдает небольшое начальное напряжение (6—7 В) за счет остаточного магнетизма стального корпуса и полюсных наконечников. Это напряжение, приложенное к выводу «*Я*», открывает транзистор *Т1*, через который начинает протекать ток базы транзистора *Т2*. Транзистор *Т2* также открывается, что приводит в свою очередь к открыванию транзистора *Т3*. Через транзистор *Т3* начинает протекать ток обмотки возбуждения генератора, вследствие чего его выходное напряжение возрастает. При напряжении генератора 9,9 В открывается стабилитрон *Д1*,

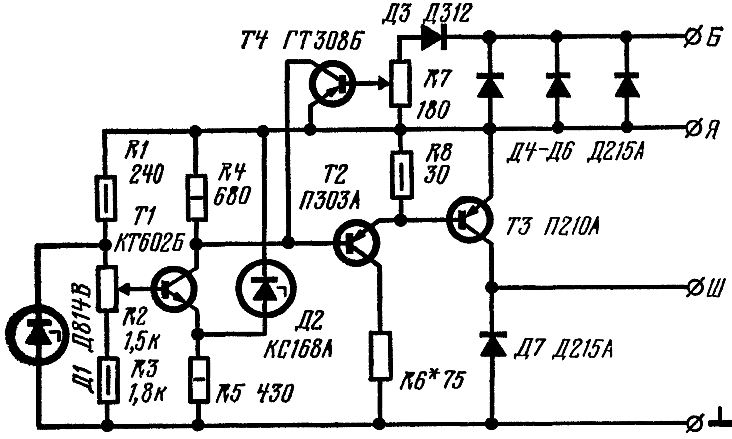


Рис. 4. Принципиальная схема электронного регулятора

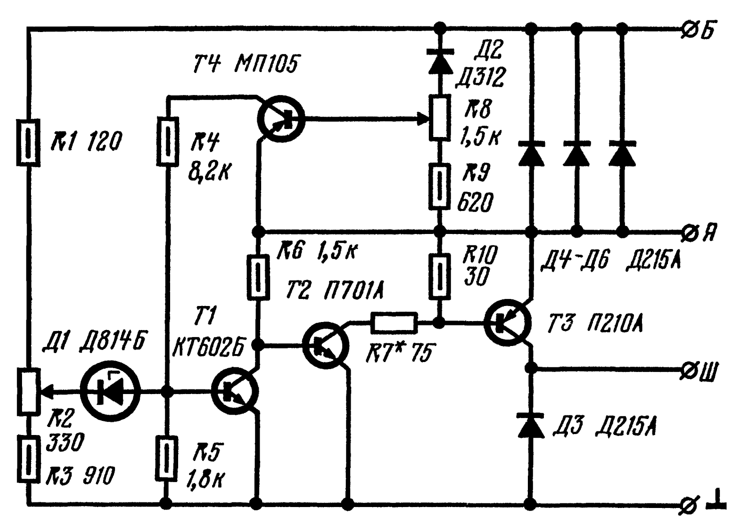


Рис. 5. Принципиальная схема улучшенного электронного регулятора

поддерживая с этого момента на делителе *R2*—*R3* постоянное напряжение. Напряжение на базе транзистора *T1* устанавливают в пределах 5,3—9,9 В. Напряжение генератора продолжает возрастать до величины, равной сумме напряжения стабилизации стабилитрона *Д2* и падения напряжения в резисторе *R5* (5,0—9,6 В), после чего стабилитрон *Д2* входит в зону стабилизации, вызывая повышение напряжения на резисторе *R5*. Это приводит к резкому закрыванию транзистора *T1*, а вслед за ним и транзисторов *T2* и *T3*, и прекращению тока возбуждения генератора. Таким образом, напряжение генератора в пределах от 5,0 + 6,9 = = 11,9 В до 9,6 + 6,9 = 16,5 В будет поддерживаться на заданном уровне, которое устанавливают переменным резистором *R2*.

Поскольку управление током возбуждения генератора носит ключевой характер, а обмотка возбуждения обладает значительной индуктивностью, в ней при резком прекращении тока, возникают всплески напряжения самоиндукции, могущие вывести из строя транзистор *T3*. Поэтому этот транзистор защищен диодом *Д7*, включенным параллельно обмотке *ОВ* возбуждения генератора.

В качестве реле обратного тока работают диоды *Д4* — *Д6*. Параллельное включение диодов имеет целью уменьшение рассеиваемой на них мощности при протекании тока нагрузки, достигающего 20 А. Такое включение диодов требует их подбора по одинаковому прямому падению напряжения на каждом из них при токе 6—7 А.

Реле ограничения максимального тока выполнено на транзисторе *T4*, переменном резисторе *R7* и диоде *Д3*. Диод предохраняет реле от разрядного тока аккумуляторной батареи. Падение напряжения от протекающего через диоды *Д4*—*Д6* тока нагрузки приложено к резистору *R7*, а с его движка — к базе транзистора *T4*. В зависимости от тока нагрузки и положения движка резистора *R7* на переход эмиттер — база этого транзистора поступает большее или меньшее напряжение. Если это напряжение достигает некоторой определенной величины, транзистор открывается, шунтируя транзисторы *T2* и *T3* и уменьшая тем самым ток обмотки возбуждения генератора. Напряжение генератора, а значит, и ток нагрузки уменьшаются. Реле ограничения максимального тока начинает работать только при перегрузках генератора. Режим управления током генератора — пульсирующий.

В описываемых устройствах не предусмотрена защита транзистора *Т3* от коротких замыканий цепи его коллектора, которое возможно при пробое обмотки возбуждения генератора или случайном замыкании зажима «*Ш*» на корпус автомобиля. Принципиально такая защита может быть введена в устройства, но ее необходимость сомнительна, поскольку пробой обмоток возбуждения генераторов — явление очень редкое, а случайных замыканий вообще не следует допускать.

Электронный регулятор, собранный по схеме рис. 4, показал хорошие эксплуатационные характеристики. При изменении тока нагрузки от 5 до 15—18 А напряжение в бортовой сети изменяется на 0,2—0,25 В. Регулятор напряжения, выполненный по схеме рис. 5, обладает еще более высокой степенью стабилизации напряжения. Расход энергии от аккумуляторной батареи, к которой постоянно подключена цепочка *R1*—*R3*, очень невелик — примерно 10—15 мА. При длительных стоянках автомобиля аккумуляторную батарею всегда следует отключать.

По принципу работы регулятор, собранный по схеме рис. 5, не отличается от предыдущего. Особенности его работы были отмечены выше.

Для повышения надежности и температурной стабильности работы регулятора диоды и транзисторы выбраны кремниевые (за исключением диода *Д3*, рис. 4, и *Д2*, рис. 5). Переменные резисторы — проволочные с законтривающейся осью.

Транзистор *Т1* в регуляторе, собранном по схеме рис. 4, должен иметь коэффициент $B_{ст}$ не менее 50. Транзисторы *Т4* в обоих регуляторах желательно выбрать с достаточно высоким $B_{ст}$. Остальные транзисторы подбора не требуют. Стабилитроны следует подобрать по напряжению стабилизации: *Д1* — 9,9 В, *Д2* — 6,9 В (рис. 4); *Д1* — 9,4 В (рис.5). Напряжения стабилизации стабилитронов определяют границы диапазона регулирования напряжения генератора. Резисторы *R6* (рис. 4) и *R7* (рис. 5) должны быть рассчитаны на мощность рассеяния не менее 4 Вт.

Транзистор П210А необходимо устанавливать на радиатор в виде пластины или уголка из дюралюминия толщиной 4—5мм и общей площадью 30—40 см². На таком же радиаторе площадью 50—70 см² следует крепить и диоды *Д4*—*Д6*. На этих диодах выделяется значительная тепловая мощность.

Правильно собранный электронный регулятор начинает работать сразу. Напряжение устанавливают при работающем двигателе на уровне 13,7—14,0 В. Затем устанавливают максимальный ток нагрузки 20 А. Регулировочные работы можно провести и до установки регулятора на автомобиль. Для этого необходимы два источника постоянного тока: стабилизированный с плавной регулировкой напряжения в пределах от 10 В до 17 В и током нагрузки до 5 А и любой

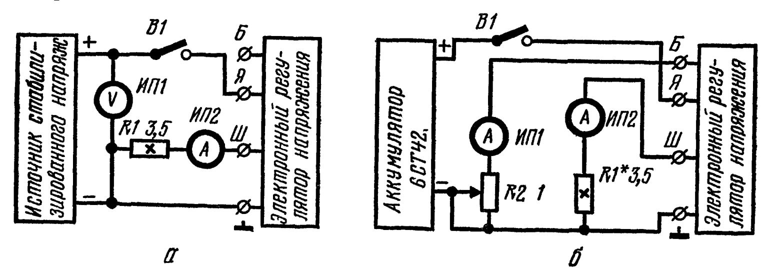



Рис. 6. Схемы регулировочных стендов для налаживания электронных регуляторов

на 12—13 В с допустимым током нагрузки 20—25 А (например, автомобильный аккумулятор 6СТ42).

Сначала собирают стенд по схеме, изображенной на рис. 6, *а*. Амперметр *ИП2* должен иметь шкалу до 5 А. Переменные резисторы электронного регулятора устанавливают в положения, соответствующие нижним пределам регулировки (*R2* — в нижнее, *R7* — в верхнее по схеме, рис. 4, *R2* и *R8* — в верхнее, рис. 5). Устанавливают источник стабилизированного напряжения на 10 В, включают тумблер *В1* и проверяют ток амперметра *ИП2*, который должен быть примерно равен $I = U_{пит}/R1$ (этот ток имитирует ток возбуждения генератора). Затем, медленно увеличивая напряжение источника, замечают по вольтметру *ИП1* момент резкого прекращения тока, протекающего через амперметр. Уменьшают теперь напряжение источника до момента появления тока в цепи амперметра. Разность между этими напряжениями определяет чувствительность реле напряжения. Хорошей чувствительностью следует считать 0,1 В, допустимой — 0,2 В. При более низкой чувствительности следует подобрать транзистор *Т1* с бо́льшим коэффициентом $B_{ст}$. Затем проверяют чувствительность на верхнем пределе регулирования напряжения (*R2* переводят в другое

крайнее положение). Чувствительность на верхнем пределе может быть хуже не более чем на 10—30%. Устанавливают резистор *R2* в положение, соответствующее напряжению срабатывания реле напряжения, равному 14 В.

Затем собирают регулировочный стенд по схеме, показанной на рис. 6, *б*. Амперметр *ИП1* должен быть рассчитан на ток до 25 А, а *ИП2* — до 5 А. Реостат *R2* должен допускать рассеяние мощности до 20 Вт. Устанавливают

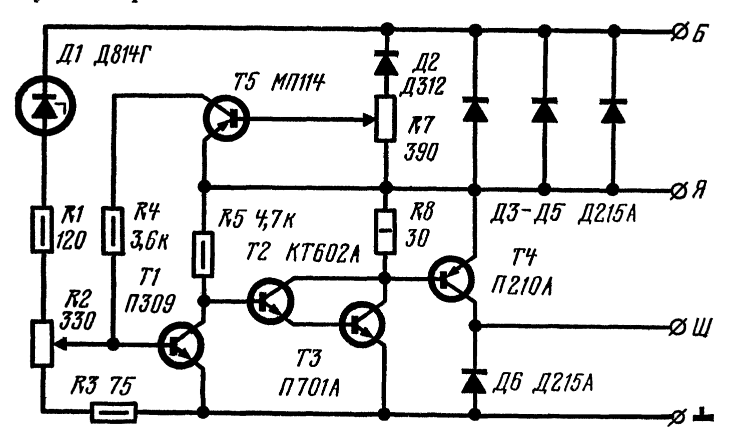



Рис. 7. Вариант принципиальной схемы электронного регулятора

движок *R2* примерно на середину и включают тумблер *В1*. Амперметр *ИП2* должен показывать ток 20—25 А. Ток амперметра *ИП1* должен быть равен нулю, т. е. регулятор закрыт по току перегрузки. Если теперь выключить тумблер *В1*, вывести движок резистора *R7* (*R9*, по рис. 5) регулятора в нижнее по схеме положение, соответствующее максимальному пределу ограничения тока нагрузки, и снова включить тумблер, ток амперметра *ИП2* останется прежним, а амперметр *ИП1* покажет ток, равный $U_{пит}/R1$. Тумблер *В1* следует включать на короткое время, поскольку аккумуляторная батарея при этом интенсивно разряжается. Для установки предела ограничения максимального тока нагрузки необходимо установить ползунком реостата *R2* ток амперметра *ИП2*, равный 20 А, а затем, вращая ось резистора *R7* (*R8*, рис. 5) электронного регулятора, добиться прекращения тока, протекающего через амперметр *ИП1*.

Электронный регулятор напряжения удобно устанавливать на автомобиле рядом с РРН с тем, чтобы при необходимости можно было легко их переключать.

В заключение следует отметить, что не все экземпляры автомобильных генераторов имеют начальное напряжение около 6 В. У некоторых из них оно не превышает 1—2 В. С такими генераторами электронный регулятор работать не сможет — транзистор *Т3* останется закрытым, и ток обмотки возбуждения будет равным нулю. В подобных случаях электронный регулятор напряжения следует выполнить по схеме, изображенной на рис. 7. Характеристики этого регулятора практически такие же, как и у описанных выше устройств. Транзистор *Т1* можно заменить на КТ602, *Т5* — на МП115. Резистор *R6* должен рассеивать мощность не менее 4 Вт. Можно также обойтись незначительными изменениями базовой цепи транзистора *Т4* в регуляторе по схеме рис. 4. Изменения сводятся к включению диода между базой транзистора и движком резистора *R7* и изменению места включения диода *Д3* — он должен быть включен в той же полярности в разрыв нижнего по схеме вывода резистора *R7*. Однако при этом несколько ухудшится точность поддержания напряжения на выходном зажиме «*Б*». Оба диода — типа Д223Б.

## СТЕКЛООЧИСТИТЕЛЬ С РЕГУЛИРУЕМЫМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ

**В. Шевелев,**
**г. Москва**

В современных автомобилях стеклоочистители могут работать в двух режимах — непрерывном и пульсирующем, когда между следующими друг за другом взмахами щеток следует пауза. Этот второй режим очень удобен при слабом дожде и измороси. Можно ли оснастить таким устройством автомобили, у которых стеклоочиститель может работать лишь в одном режиме, и щетки, даже при слабых осадках, двигаясь непрерывно, раздражают водителя и преждевременно изнашивают лобовое стекло автомобиля?

Устройство, схема которого показана на рис. 1, позволяет сделать пульсирующим режим работы стеклоочистителя,

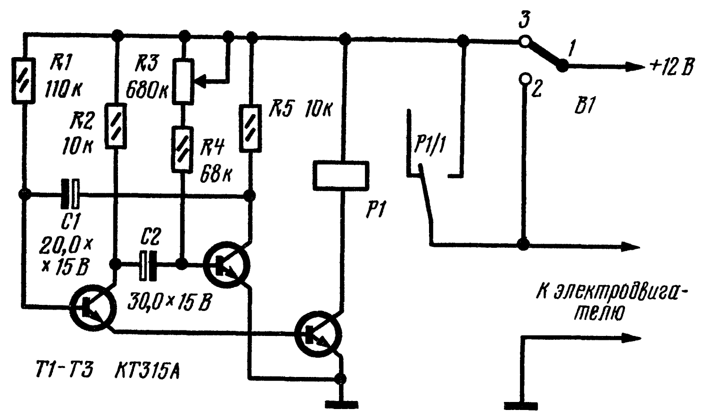



Рис. 1. Принципиальная схема устройства управления стеклоочистителем

снабженного электрическим приводом. Оно представляет собой несимметричный мультивибратор, собранный на транзисторах *T1* и *T2*, и ключевую ступень на транзисторе *T3*. Нагрузкой ключевой ступени служит электромагнитное реле *P1*. Контакты *P1/1* этого реле управляют работой электродвигателя стеклоочистителя.

Одновременно с открыванием транзистора *T1* открывается и транзистор *T3*. При этом срабатывает реле *P1*, и включается электродвигатель. Через короткий промежуток времени транзистор *T1*, а вслед за ним и транзистор *T3* за-

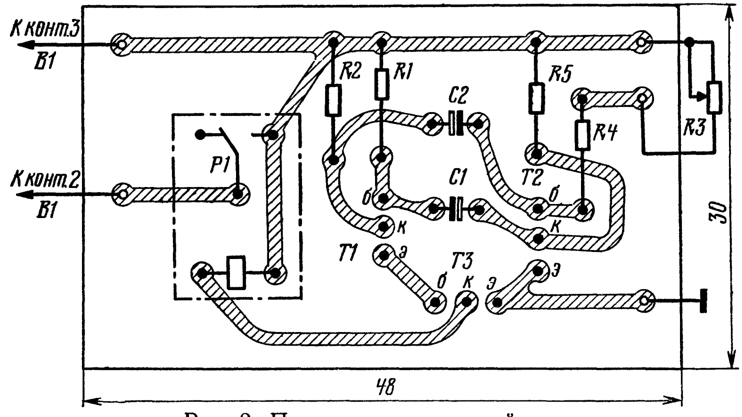



Рис. 2. Печатная плата устройства

кроются, и реле отключится. Однако электродвигатель останется включенным через свои блок-контакты (на схеме не показаны) до тех пор, пока не закончится цикл движения щеток. Новый цикл начнется со следующего открывания транзистора *T1*. Длительность паузы между взмахами плавно регулируют переменным резистором *R3*. Длительность паузы можно изменять в пределах 5—40 с.

Устройство смонтировано на печатной плате, показанной на рис. 2. Плату располагают под приборным щитком, а ручку резистора *R3* выводят на лицевую панель щитка.

В устройстве использовано реле РЭС-10, паспорт РС4. 524.304. Можно использовать любое подходящее реле с током срабатывания 50—70 мА. Транзисторы *T1—T3* могут быть заменены любыми низкочастотными маломощными *n-p-n* транзисторами. Переменный резистор *R3* типа СП или СПО.

В качестве переключателя *B1* можно использовать установленный на автомобиле переключатель, удалив перемычку между выводами *2* и *3* (см. схему).

В положении *2* переключателя *B1* стеклоочиститель работает в непрерывном режиме, а в положении *3* — в пульсирующем.

## СОДЕРЖАНИЕ


**В помощь первичным и учебным организациям ДОСААФ**

Ю. Танжин. Универсальный малогабаритный экзаменатор 1

**Радиолюбителю-конструктору**

Н. Кравцов. Высокочастотный блок 13
В. Малишевский, И. Малишевский. Автоматический КВ конвертер 22
Л. Дмитренко. Реле времени на тиратронах 29

**Любителям звукозаписи**

В. Жарков, В. Якушев. Лампово-транзисторный стереофонический усилитель НЧ 33
В. Шушурин. Мощный транзисторный усилитель НЧ 49

**Источники питания**

В. Кислов. Расчет многообмоточного феррорезонансного стабилизатора 63
А. Коробков. Лабораторный стабилизированный блок питания 70

**Автомотолюбителям**

П. Алексеев. Электронный регулятор напряжения 81
В. Шевелев. Стеклоочиститель с регулируемым режимом работы 90

6Ф2.9
В 80

В80 **В помощь** радиолюбителю. Выпуск 53. М

ДОСААФ СССР, 1976.

93с. с ил.

На конц. пол.: сост. Л. Н. Ломакин.

В сборнике приведены описания радиолюбительских конструкций и методика расчета некоторых узлов аппаратуры. В описаниях содержатся все необходимые данные для повторения конструкций радиолюбителями средней квалификации. Тематика сборника разнообразна. Он рассчитан на самые широкие круги радиолюбителей.

В $\frac{30402 - 042}{072\ (02) - 76}$ 107-76 6Ф2. 9

**В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ**

**Выпуск 53**

Составитель Л. Н. Ломакин

Редактор Л. И. Карнозов
Художественный редактор Т. А. Хитрова
Технический редактор Н. В. Коргина
Корректоры В. Н. Лапидус, Е. А. Макарова

Г-80671. Сдано в набор 15 XII. 1975 г. Подписано к печати 3 III. 1976 г. Изд. № 2/770. Формат 84×108 1/32 Бумага типографская № 3 Тираж 500 000 экз. (II з-д 250 001—500 000). Цена 19 коп. Усл. п. л 5,04. Уч.-изд. л 4,54 Зак. 5—3221.

Ордена «Знак Почета» изд-во ДОСААФ СССР, 107066 Москва, Б-66, Новорязанская ул., д. 26.

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкнига» Госкомиздата УССР, Киев, ул. Довженко, 3.

# В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ

Выпуск 53

1976